

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

MIRIANE MOREIRA FERNANDES SANTOS

APROVEITAMENTO DA CARNE *WOODEN BREAST* E
GORDURA ABDOMINAL DE FRANGO PARA
ELABORAÇÃO DE EMULSIONADO TIPO HAMBÚRGUER

JOÃO PESSOA

2019

MIRIANE MOREIRA FERNANDES SANTOS

**APROVEITAMENTO DA CARNE *WOODEN BREAST* E
GORDURA ABDOMINAL DE FRANGO PARA
ELABORAÇÃO DE EMULSIONADO TIPO HAMBÚRGUER**

JOÃO PESSOA

2019

MIRIANE MOREIRA FERNANDES SANTOS

**APROVEITAMENTO DA CARNE *WOODEN BREAST* E
GORDURA ABDOMINAL DE FRANGO PARA
ELABORAÇÃO DE EMULSIONADO TIPO HAMBÚRGUER**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, do Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Dr. Fábio Anderson Pereira da Silva

JOÃO PESSOA

2019

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S237a Santos, Miriane Moreira Fernandes.

Aproveitamento de carne Wooden Breast e gordura abdominal de frango para elaboração de emulsionado tipo hambúrguer / Miriane Moreira Fernandes Santos. - João Pessoa, 2019.
134 f.

Orientação: Fábio Anderson Pereira da Silva.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/Centro de Tecno.

1. Armazenamento. 2. Emulsões cárneas. 3. Miopatia. 4. Oxidação lipídica. 5. Oxidação proteica. 6. Qualidade. 7. Peito amadeirado. I. Silva, Fábio Anderson Pereira da. II. Título.

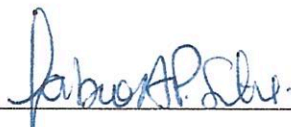
UFPB/BC

MIRIANE MOREIRA FERNANDES SANTOS

APROVEITAMENTO DE CARNE *WOODEN BREAST* E GORDURA
ABDOMINAL DE FRANGO PARA ELABORAÇÃO DE EMULSIONADO TIPO
HAMBÚRGUER

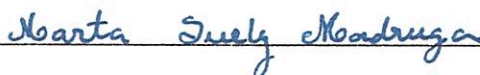
Dissertação APROVADA em 12/02/2019

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Fábio Anderson Pereira da Silva – DEA/CT/UFPB

Orientador/Coordenador da Banca Examinadora



Profa. Dra. Marta Suely Madruga – DEA/CT/UFPB

Examinador Interno



Profa. Dra. Iris Braz da Silva Araújo - DGTA/CCHSA/UFPB

Examinador Externo

À minha avó, Nailda Santos (*in
memorian*), por ter sonhado antes de mim,

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, a quem devo e ofereço tudo que tenho.

À minha “pãe”, Miriam Fernandes, responsável pelo que sou. Não tenho palavras para agradecer por tudo, mãe. Amo a senhora incondicionalmente e sinto saudade todos os dias.

Aos meus irmãos, Mayara e Cauã Rangel Fernandes, por compreender a minha ausência e estarem sempre ao meu lado, apesar da distância. May, obrigada também pelo sobrinho mais lindo do mundo. Henrique me dá forças para seguir.

Ao meu melhor amigo, namorado, noivo e companheiro, Renan Paiva, pela lealdade, fidelidade, paciência e amor imensuráveis e também por permitir que sua família fosse a minha ao longo desses anos. Gratidão a todos da família Ramalho Paiva, em especial minha sogra, Wanderlene.

Às “mestrandas 2017” (Darling, Jéssica, Gabi, Karol, Tammyrys e Thaís) por me acompanharem durante essa árdua trajetória. Em especial, agradeço a Darling pelo seu companheirismo e amizade diariamente. Sabemos o quanto foi difícil, mas vencemos “migas”. Contem sempre comigo!

Aos amigos que criei dentro dos laboratórios (Rayane, Thomaz, Álida, Andressa, Ana Rita, Mércia, Thayse), pelo suporte analítico, mas, principalmente, emocional. Obrigada por transformarem dias cansativos e angustiantes em divertidos.

Ao meu orientador, Dr. Fábio Anderson Pereira da Silva, por aceitar a orientação mesmo não me conhecendo, pela paciência, educação e conhecimentos transmitidos. És um grande exemplo de profissional, professor!

À professora Dra. Marta Suely Madruga, pelo suporte com o projeto de pesquisa, além de permitir a execução dos experimentos nos laboratórios que coordena. Obrigada, professora!

À professora Dra. Taliana Kênia Bezerra de Alencar, por todo suporte na análise sensorial realizada no campus III, além de sua humildade e humanidade. Muito obrigada!

Aos funcionários que compõem o Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos pelo apoio e compreensão. Em especial, à secretária Fernanda Feitosa pela educação, simpatia e paciência ao receber os discentes.

À empresa Guaraves, pela concessão do material necessário para execução da pesquisa. Meus sinceros agradecimentos.

Ao CNPq e CAPES, pelos auxílios e bolsas concedidos.

A todos que participaram dessa jornada, deixando sempre algum aprendizado, meu muito obrigada!

RESUMO

Objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito da utilização de peito amadeirado (*Wooden Breast*) e da gordura abdominal de frango nas características de qualidade e estabilidade oxidativa de um produto emulsionado tipo hambúrguer armazenado sob congelamento (-18 °C) durante 90 dias. Inicialmente, foi realizada a determinação do teor lipídico e do perfil de ácidos graxos da gordura abdominal e da pele de frangos da linhagem comercial Cobb. Foram elaborados quatro tratamentos: PNS (emulsionado com peito considerado normal e pele), PNF (emulsionado com peito normal e gordura abdominal), PWB (emulsionado com peito amadeirado) e PNW (mistura do peito normal, amadeirado e pele). Após o processamento do emulsionado tipo hambúrguer, foram avaliadas as condições higiênico-sanitárias do produto, o qual posteriormente foi caracterizado quanto a composição química parcial (umidade, proteínas, lipídeos e cinzas), pH, atividade de água (Aa), desempenho durante a cocção, perfil de textura, parâmetros de cor instrumental e aceitação sensorial. O efeito do tempo de armazenamento nas características de qualidade do emulsionado foi avaliado através das análises de cor instrumental, dureza, força de cisalhamento, perfil de ácidos graxos, compostos voláteis e degradação sensorial da cor e aroma utilizando julgadores não treinados. A oxidação lipídica foi avaliada a partir das análises de índice de peróxido, TBARs e para-anisidina. Para oxidação proteica, foi realizada a análise de compostos carbonílicos totais. Os emulsionados apresentaram-se seguros do ponto de vista microbiológico, apresentando níveis dos microrganismos abaixo dos limites máximos preconizados pela legislação brasileira. O tipo de peito utilizado na elaboração do emulsionado não influenciou o conteúdo de cinzas, lipídeos, Aa, encolhimento, redução de diâmetro, b^* , ΔE , aceitação e intenção de compra do produto. O tempo de armazenamento promoveu menor dureza no produto processado com a mistura de peito normal e peito amadeirado, além de influenciar a oxidação lipídica, porém os julgadores não perceberam diferença na cor e aroma ao longo dos 90 dias de armazenamento. Em relação a oxidação das proteínas, o período de armazenamento teve menor impacto no emulsionado elaborado com a mistura de peito normal e peito amadeirado. A respeito da gordura abdominal e pele, o maior teor lipídico foi encontrado para a gordura abdominal, assim como maior presença de ácidos graxos poli-insaturados. O tipo de gordura utilizado no desenvolvimento dos emulsionados tipo hambúrguer influenciou nos teores de umidade e lipídeos, bem como na luminosidade. Já o tempo de armazenamento promoveu modificações no perfil de ácidos graxos, compostos voláteis e perfil de textura do produto. No perfil de ácidos graxos, destacou-se a prevalência dos monoinsaturados. Nos compostos voláteis observou-se a baixa presença de marcadores de oxidação lipídica. O tratamento PNF apresentou os menores valores de dureza e força de cisalhamento. Os resultados gerados nesta pesquisa apontam que é possível o aproveitamento do peito amadeirado e da gordura abdominal de frango na produção de emulsionado tipo hambúrguer. Embora haja níveis de oxidação ao longo do armazenamento, estes podem ser considerados baixos e não perceptíveis por consumidores.

Palavras-chave: armazenamento, emulsões cárneas, miopatia, oxidação lipídica, oxidação proteica, peito amadeirado.

ABSTRACT

The study aims to evaluate the effect of wooden chicken breast and abdominal fat on the oxidative stability and quality of emulsified product type patties under freezing temperatures (-18°C) for 90 days. First, it was determined the lipid content and fatty acid profile of the chicken by-products (abdominal fat and skin). Four treatments were developed: PNS (emulsified with normal breast and skin), PNF (emulsified with normal breast and abdominal fat), PWB (emulsified with wooden breast), PNW (normal breast and wooden mixture). After processing the emulsified type patties, the hygienic-sanitary conditions of the product were evaluated, which was later characterized by the determinations of the partial chemical composition (moisture, proteins, lipids and ash), pH, Aw, performance during cooking (yield, shrinkage, shortening, water retention), texture profile, color parameters (L^* , a^* , b^* , ΔE , Hue) and sensory analysis (acceptance test and purchase intention). The effect of the storage was analyzed through the analysis of the color parameters (L^* , a^* , b^*), hardness, shear force, fatty acid profile, volatile compounds and color and aroma degradation evaluated by untrained judges. The development of lipid oxidation was measured by peroxide index, TBARs, para-anisidine analysis. For protein oxidation, the analysis of carbonyl compounds was carried out. Emulsified type patties were microbiologically safe because they presented levels of microorganisms were below those determined by Brazilian legislation. The type of chicken breast used in the preparation of the emulsified type patties did not influenced ash, lipids, Aw, shrinkage, shortening, b^* , ΔE , acceptance and intention to purchase the product. The storage time promoted a lower hardness in the product processed with the mixture of normal chicken breast and wooden chicken breast, also influenced the lipid oxidation, but the judges did not perceive difference in color and aroma during the 90 days. About the protein oxidation, the storage period had fewer affect on the emulsified made with the mixture of normal breast and wooden breast. Regarding abdominal fat and skin, the higher lipid content was found for abdominal fat, as well as higher presence of polyunsaturated fatty acids. The type of fat used in the development of emulsified type patties influenced moisture, lipids and L^* . The storage time promoted changes in the fatty acid profile, volatile compounds and the texture profile of the product. Is a highlighted in the fatty acids profile, the predominance of monounsaturated fatty acids, in the volatile compounds, the low presence of lipid oxidation markers and, concerning the texture profile, the lowest hardness and shear force was for products processed with abdominal fat. The results produced in this research indicate that it is possible to use the wooden chicken breast and it is abdominal fat in the production of emulsified type patties. Although there is levels of oxidation throughout the storage of the product, these can be considered low and not perceivable by consumers.

Keywords: storage, meat emulsions, myopathy, lipid oxidation, protein oxidation, wooden breast.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Peito de frango sem miopatia WB (1), peito de frango com miopatia grau severo (2).....	18
Quadro 1. Classificação dos peitos quanto à presença ou não da miopatia.....	28
Figura 2. Delineamento experimental da pesquisa.....	29
Figura 3. Figura 2. Da esquerda para a direita, peito normal e peito WB (A), pele e gordura abdominal (B).....	31
Figura 4. Fluxograma de processamento do emulsionado de frango tipo hambúrguer.....	32

ARTIGO I

Figure 1. Acceptability test of chicken patties elaborated with N chicken breast, WB chicken and their mixture.....	65
---	----

ARTIGO II

Figure 1. Evolution of lightness (A), redness (B) and yellowness (C) of emulsified chicken patties (ECP) elaborated with normal chicken breast, wooden breast and their mixture stored under freezing (-18 °C) during 90 days.....	89
Figure 2. Evolution of hardness (A) of emulsified chicken patties (ECP) elaborated with normal chicken breast, wooden breast and their mixture stored under freezing (-18 °C) during 90 days.....	91
Figure 3. Evolution of peroxide index (A), TBARS (B), p-AI (C) and carbonyl compounds (D) of emulsified chicken patties (ECP) elaborated with normal chicken breast, wooden breast and their mixture stored under freezing (-18 °C) during 90 days.....	92
Figure 4. Color-liking (A) and odor-liking (B) of emulsified chicken patties (ECP) elaborated with normal chicken breast, wooden breast and their mixture stored under freezing (-18 °C) during 90 days.....	94

ARTIGO III

Figure 1. Evolution of lightness (A), redness (B) and yellowness (C) of emulsified chicken patties elaborated with chicken skin and abdominal fat stored under freezing (-18 °C) during 90 days.....	115
Figure 2. From left to right, chicken skin and abdominal fat.....	117

Figure 3. Evolution of hardness (A) and shear force (B) of emulsified chicken patties elaborated with chicken skin and abdominal fat stored under freezing (-18 °C) during 90 days.....	118
Figure 4. Evolution of peroxide index (A), TBARs (B), IpA (C) and carbonyl compounds (D) of emulsified chicken patties elaborated with chicken skin and abdominal fat stored under freezing (-18 °C) during 90 days.....	119
Figure 5. Color (A) and flavor (B) of emulsified chicken patties elaborated with chicken skin and abdominal fat stored under freezing (-18 °C) during 90 days.....	121

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Formulações dos emulsionados de frango tipo hambúrguer.....	30
---	----

ARTIGO I

Table 1. Emulsified product type patties formulations elaborated with N chicken breast, WB chicken and their mixture.....	66
Table 2. Characterization (mean \pm standard deviation) of emulsified product type patties elaborated with N chicken breast, WB chicken and their mixture.....	67

ARTIGO II

Table 1. Emulsified chicken patties formulations.....	95
---	----

ARTIGO III

Table 1. Emulsified chicken patties formulations elaborated with chicken skin and abdominal fat.....	122
Table 2. Characterization total lipids of the chicken skin and abdominal fat.....	123
Table 3. Characterization (mean \pm standard deviation) of emulsified chicken patties elaborated with chicken skin and abdominal fat.....	124
Table 4. Fatty acids profile and nutritional quality index of emulsified chicken patties elaborated with chicken skin and abdominal fat stored under freezing (-18 °C) during 90 days.....	125
Table 5. Table 5. Volatile compounds (% area) detected in emulsified chicken patties elaborated with chicken skin and abdominal fat stored under freezing (-18 °C) during 90 days.....	127

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABPA	Associação Brasileira de Proteína Animal
ANOVA	Análise de Variância
CEPEA	Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada
DIC	Delineamento Inteiramente Casualizado
DHA	Ácido docosahexaenoico
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPA	Ácido eicosapentaenoico
FAO	<i>Food and Agriculture Organization</i>
FC	Força de Cisalhamento
IpA	Índice de para-anisidina
MDIC	Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços
OECD	<i>Organization for Economic Cooperation and Development</i>
PEBD	Polietileno de Baixa Densidade
ROS	<i>Reactive Oxygen Species</i>
SIF	Serviço de Inspeção Federal
TBARs	Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico
TPA	<i>Texture Profile Analysis</i>
UNEP	<i>United Nations Environmental Program</i>
USDA	<i>United States Department of Agriculture</i>
WB	<i>Wooden Breast</i>
WS	<i>White Striping</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 PRODUÇÃO E CONSUMO DE CARNE DE FRANGO NO BRASIL	16
2.2 MIOPATIAS EM AVES E DESAFIOS DA INDÚSTRIA AVÍCOLA NA ATUALIDADE	17
2.3 ALTERNATIVAS DE APROVEITAMENTO DA CARNE WB E GORDURA ABDOMINAL DE FRANGO	20
2.4 OXIDAÇÃO LIPÍDICA E PROTEICA EM PRODUTOS CÁRNEOS	23
2.4.1 Técnicas analíticas utilizadas para quantificação da oxidação lipídica e proteica em produtos cárneos	25
3 MATERIAL E MÉTODOS	28
3.1 MATERIAL	28
3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	29
3.3 PROCESSAMENTO DOS EMULSIONADOS DE FRANGO TIPO HAMBÚRGUER	30
3.4 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DOS EMULSIONADOS DE FRANGO TIPO HAMBÚRGUER	32
3.4.1 Determinação de pH e atividade de água	32
3.4.2 Cor instrumental	33
3.4.3 Composição química parcial	33
3.4.4 Determinação do colágeno total	33
3.4.5 Avaliações de desempenho durante cocção	34
3.5 ANÁLISE DO PERFIL DE TEXTURA (TPA) E FORÇA DE CISALHAMENTO (FC)	35
3.6 AVALIAÇÃO DO PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS E ÍNDICES DE QUALIDADE NUTRICIONAL DOS LIPÍDEOS	35
3.7 DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS HIGIÊNICO-SANITÁRIOS	36
3.8 ANÁLISE SENSORIAL DOS EMULSIONADOS TIPO HAMBÚRGUER	36
3.9 AVALIAÇÃO DA OXIDAÇÃO LIPÍDICA E PROTEICA DO EMULSIONADO DE FRANGO TIPO HAMBÚRGUER	37
3.9.1 Índice de peróxido	38
3.9.2 Índice de Para-anisidina (IpA)	38
3.9.3 Determinação do número de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS)	39

3.9.4 Análise de compostos voláteis.....	39
3.9.5 Aceitação do aroma e degradação da cor no armazenamento	40
3.9.6 Quantificação dos compostos carbonílicos totais.....	40
3.10 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	41
REFERÊNCIAS	42
4 RESULTADOS	50
ARTIGO I: Caracterização de produto emulsionado tipo hambúrguer elaborado a partir do aproveitamento da carne Wooden Breast.	50
ARTIGO II: Effect of Wooden Breast condition on quality traits of emulsified chicken patties during frozen storage.	68
ARTIGO III: Oxidação lipídica e proteica de produto emulsionado tipo hambúrguer elaborado a partir do aproveitamento de gordura abdominal e pele de frango.	96
5 CONCLUSÕES GERAIS	129
APÊNDICES	129
ANEXOS	134

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de carne de frango com um pouco mais de 13 milhões de toneladas no ano de 2017. Em relação a exportação, a avicultura brasileira lidera o ranking mundial, tendo exportado mais de 4 milhões de toneladas de carne de frango no mesmo ano (ABPA, 2018).

O excelente desempenho no setor avícola se reflete no elevado consumo da carne de frango. No ano de 2017, o consumo brasileiro de carne de frango alcançou 42,07 kg per capita, enquanto, para a carne suína, foi de apenas 14,7 kg per capita (ABPA, 2018). O elevado consumo da carne de frango tem relação com sua qualidade nutricional, em termos de baixo teor de gordura e elevado teor proteico, qualidade sensorial, diversidade e facilidade de preparo, além do preço acessível quando comparada a carne bovina e suína (SOGLIA et al., 2015).

É possível observar o aumento na demanda de frango de corte, ou seja, frangos que são destinados ao abate para comercialização de suas carnes. Em consequência, o setor de criação tem implementado técnicas capazes de acelerar o tempo necessário para que o frango esteja pronto para o abate. Em meados da década de 30, esse tempo era de 130 dias, já em 2005, devido ao aprimoramento do melhoramento genético, eram necessários apenas 42 dias para que o frango estivesse apto ao abate (JESUS JUNIOR et al., 2007).

Nos últimos anos, tem sido observado que a rapidez com que os frangos de corte se tornam aptos ao abate tem influência na qualidade de suas carnes, tornando-se um fator responsável pelo surgimento de novas miopatias que acometem o músculo das aves, dentre as quais citam-se o “peito estriado” ou *White Striping* (WS), responsável pelo aparecimento de estrias brancas no tecido e o “peito amadeirado” ou *Wooden Breast* (WB), caracterizado por apresentar consistência endurecida e coloração pálida no músculo *Pectoralis major* (KUTTAPPAN; HARGIS; OWENS, 2016; PETRACCI et al., 2019).

A miopatia WB tem apresentado grande incidência nas plantas comerciais e, por esse motivo, deve ser monitorada a fim de evitar prejuízos para o produtor (MUDALAL et al., 2015), pois o peito amadeirado compromete a qualidade da carne, ocasionando alterações na aparência, peso, capacidade de retenção de água e também no perfil de textura (VELLEMAN, 2015). Esta anomalia pode ocorrer em diferentes níveis de severidade, apresentando além das regiões endurecidas, um líquido turbido e viscoso em sua superfície. Nos casos mais severos, aparecem ainda pontos de hemorragia (SIHVO et al., 2014).

Apesar das alterações macroscópicas, pesquisas indicam que o peito WB não apresenta risco à saúde do consumidor (SOGLIA et al., 2015). No entanto, em virtude das características

sensoriais atípicas e indesejáveis para os consumidores, a comercialização direta dos peitos acometidos pela anomalia WB tem se tornado inviável. Para que sejam evitadas as perdas econômicas, as indústrias avícolas têm destinado os peitos WB para elaboração de produtos cárneos processados (TROCINO et al., 2015).

Dentre os diferentes produtos cárneos, o hambúrguer se destaca diante da versatilidade na produção. Podem ser elaborados artesanalmente ou ainda por técnicas sofisticadas como a emulsão, por exemplo, que permite manter a união de duas fases imiscíveis, além de agregar valor aos processados cárneos (QIN, 2013). As emulsões podem ser de diferentes naturezas, destacando-se a interação óleo-água, a qual pode ser formada de maneira natural ou, mais frequentemente, através de métodos mecânicos como a agitação (JIANG; XIONG, 2015)

A indústria avícola geralmente faz uso da pele obtida após a desossa dos frangos (FRANÇA; WASZCZYNSKYJ, 2002) como forma de aproveitamento do subproduto, porém também produz em grande quantidade a gordura abdominal das aves, a qual é fonte de ácido oleico, palmítico e linoleico (CHIU; GIOIELLI, 2002). De maneira geral, o aproveitamento da gordura abdominal de frango é realizado através do enriquecimento da ração animal, com o objetivo de aumentar os níveis energéticos. Entretanto, este subproduto pode ainda ser utilizado na produção de sabão, biodiesel e, na área de alimentos, para obtenção de emulsões cárneas (TAVARES, 2016). A elevada presença de ácidos graxos insaturados na composição da gordura abdominal é um fator que contribui significativamente para o desenvolvimento da rancidez oxidativa, tornando-se uma dificuldade para as indústrias que buscam aproveitar este subproduto no desenvolvimento de produtos emulsionados, uma vez que a oxidação é a segunda maior responsável pela deterioração de alimentos, atrás apenas da degradação microbiana (MARIUTI; BRAGAGNOLO, 2017).

Ainda são escassos os trabalhos enfatizando alternativas de aproveitamento dos peitos de frango acometidos com a miopatia WB. Da mesma maneira, a gordura abdominal de frango ainda é pouco estudada, sendo uma possível consequência da falta de normas regulamentadoras para sua utilização em produtos alimentícios. Diante disto, objetivou-se desenvolver um produto emulsionado tipo hambúrguer elaborado com peito WB e/ou peito normal adicionado de gordura abdominal ou pele de frango armazenados durante 90 dias sob congelamento (-18 °C), acompanhando seus aspectos de qualidade e sua estabilidade oxidativa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 PRODUÇÃO E CONSUMO DE CARNE DE FRANGO NO BRASIL

A avicultura no Brasil teve seu início com a finalidade de subsistência por parte de produtores familiares, porém, em pouco tempo, houve a comercialização do excedente e posteriormente o surgimento de grandes abatedouros. Na década de 70, a região Sul do país deu início a efetivação do mercado industrial de aves com avanços em técnicas de produção e transformações tecnológicas (ZEN et al., 2014).

O Estado de Santa Catarina foi o primeiro a criar a iniciativa de firmar parceria entre produtores de aves e indústria. Dessa forma, os produtores contavam com o apoio da indústria no que se referia a fornecimento de insumos, ração e medicamentos, enquanto a indústria ganhava com o repasse da produção por meio de remuneração ao avicultor. Assim, o sistema de produção contribuiu nos quesitos de segurança, sanidade e qualidade da carne de frango e tornou a região Sul do país uma das mais tradicionais para a criação de aves (RODRIGUES et al., 2014).

Além de grande produtor, o Brasil é considerado o maior exportador de carne de frango do mundo desde 2010, tendo exportado mais de 4 milhões de toneladas em 2016, segundo dados da Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA). De acordo com o Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC), a carne de frango brasileira foi exportada para 141 países em 2016, onde os maiores importadores foram Arábia Saudita, China, Japão, Emirados Árabes e Hong Kong. O Paraná destaca-se como maior estado produtor e exportador do país, apresentando 33,5% da produção nacional e 36,5% da exportação brasileira (FRANCO, 2017).

De acordo com o panorama da avicultura em 2017 publicado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2017), o preço pago pelos importadores da carne de frango brasileira *in natura* no ano de 2017 foi de US\$ 1.628/tonelada, apresentando uma valorização de 9,2% quando comparado ao ano anterior.

Em relação ao consumo de carne de frango, o Brasil ocupa a quarta posição do ranking mundial, com 44,8 kg de carne *per capita* segundo dados do relatório publicado pela Food and Agriculture Organization (FAO) em conjunto com a Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) para o ano de 2016, contra 35,8 kg e 14,1 kg de consumo per capita de carne bovina e suína, respectivamente, no mesmo período (FAO, 2017). O alto consumo da carne de frango se deve, entre outros fatores, a qualidade nutricional da carne que apresenta baixos níveis de gordura e presença de proteínas de alto valor biológico, além do baixo custo

quando comparado aos valores da carne bovina, por exemplo (SOGLIA et al, 2015). Segundo dados divulgados no portal do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA), em 2017, o preço médio do frango inteiro resfriado foi de R\$ 3,54/kg.

2.2 MIOPATIAS EM AVES E DESAFIOS DA INDÚSTRIA AVÍCOLA NA ATUALIDADE

A partir da década de 90, o setor avícola foi exposto à concorrência nacional e mundial, tornando-se necessárias inovações e melhorias nas etapas de abate e processamento, visando competitividade (EMBRAPA, 2018).

A modernização da cadeia produtiva de frango foi necessária e consequentemente levou a um aumento expressivo da oferta. De acordo com Gaya; Mourão; Ferraz (2006), o melhoramento genético das aves foi uma técnica capaz de aumentar o peso da carcaça do frango, melhorando a sua composição corporal em termos de níveis proteicos, principalmente.

As técnicas de melhoramento genético aceleraram o processo de crescimento dos frangos. Na década de 70, para se obter 1,7 kg de carcaça, era necessário aguardar 49 dias para realização do abate. Atualmente, com o avanço do melhoramento genético, as aves alcançam 2,6 kg em cerca de 35 dias (EMBRAPA, 2018). Além disso, também houve melhora significativa na taxa de conversão alimentar, como consequência não apenas dos avanços na área genética, mas também das melhorias de manejo, nutrição e bem-estar animal (PATRICIO et al., 2012). A conversão alimentar passou de 4,7 kg de ração/kg de peso vivo na década de 60 para 1,89 kg de ração/kg de peso vivo em 2015 e a taxa de mortalidade sofreu redução expressiva de 18% para 4,8% (NATIONAL CHICKEN COUNCIL, 2015).

Nas últimas duas décadas, tem sido observada uma tendência dos consumidores em preferir a carne do peito de frango devido a sua qualidade nutricional e facilidade de preparo. Para atender a crescente demanda, a seleção genética também surge como aliada das indústrias processadoras oferecendo a possibilidade de selecionar aves com maior rendimento e desenvolvimento deste corte (PETRACCI et al., 2015), o qual representa aproximadamente um quinto do peso corpóreo total da ave, além de ser um corte de grande impacto econômico no setor avícola (JOINER et al., 2014). Entretanto, estudos apontam que o crescimento acelerado das aves tem contribuído significativamente para a incidência de anomalias em peitos de frango, além de comportamentos fisiológicos anormais, apresentando danos ao tecido muscular e reduzindo a qualidade do corte (MUTRYN et al., 2015; PETRACCI et al., 2015; MUDALAL et al., 2015; KUTTAPPAN; HARGIS; OWENS, 2016).

Dentre as anomalias que causam modificações na aparência, propriedades tecnológicas, redução da qualidade e aspectos nutricionais, tem-se o peito amadeirado ou *Wooden Breast* (WB) que foi inicialmente descrito por Sihvo et al. (2014), na Finlândia. Esta miopatia caracteriza-se por mudanças macroscópicas no músculo *Pectoralis major* das aves, o qual apresenta grandes áreas pálidas e duras acompanhadas ou não de estrias brancas. O peito amadeirado pode ser detectado por simples apalpação do músculo e pode ocorrer em diferentes graus de severidade e em combinação com outras miopatias. Em casos de grau severo, torna-se possível observar uma protuberância proeminente na calda do peito (Figura 1). Em alguns casos, existe ainda um fluído claro e viscoso na superfície e pontos de lesão/hemorragia no músculo, além de possuírem maior espessura e peso quando comparado aos peitos considerados normais (KUTTAPPAN; HARGIS; OWENS, 2016; PETRACCI et al., 2019).

Figura 1. Peito de frango sem miopatia WB (1), peito de frango com miopatia grau severo (2).



Fonte: Sihvo et al., (2014)

A miopatia WB não afeta apenas a aparência das carnes, mas também sua qualidade e propriedades funcionais, principalmente a capacidade de retenção de água, habilidade para formação de gel e composição proteica (VELLEMAN, 2015). Com isso, a indústria processadora de frangos tem sofrido consideráveis perdas econômicas, uma vez que, as carnes WB *in natura* têm causado rejeição por parte dos consumidores (SOGLIA et al, 2016). Nos Estados Unidos, as perdas associadas ao peito amadeirado e outras miopatias somaram mais de

US\$ 200 milhões em déficit para as indústrias de frango. Incidências destas anomalias também já foram identificadas na Finlândia, Itália e Brasil (SIHVO; IMMONEN; PUOLANE, 2014; MUDALAL et al., 2015; MUTRYN et al., 2015; KUTTAPPAN; HARGIS; OWENS, 2016; GERONIMO, 2017; PETRACCI et al., 2019; MADRUGA et al., 2019).

Principalmente devido às alterações visíveis na aparência dos peitos, a indústria avícola tem buscado alternativas de aproveitamento, tendo em vista a rejeição pelos consumidores (MAZZONI et al., 2015), o que tem gerado perdas econômicas significativas para o setor. De acordo com Trocino et al. (2015), peitos acometidos com a miopatia WB são retirados da linha de processamento e encaminhados para a elaboração de produtos processados.

Além do grande desafio de enfrentar as novas anomalias detectadas em carne de frango, as indústrias ainda enfrentam outro impasse que é o destino a ser dado a subprodutos, como gordura abdominal ou a grande quantidade de pele obtida com o processamento dos frangos (RODRIGUES et al., 2005).

A quantidade de gordura presente em uma carcaça de frango varia de acordo com diversos fatores, como genética, idade e sexo, sendo as fêmeas portadoras de um maior teor de gordura que os machos, variando entre 2 – 2,5% do peso total do frango abatido. A quantidade de gordura também tem relação positiva com o peso vivo da ave. Como já discutido anteriormente, a avicultura tem trabalhado maneiras de se alcançar um rápido ganho de peso das aves, de modo que o desbalanceamento no fornecimento de nutrientes na dieta favorece o aumento da deposição de gordura abdominal devido a hipertrofia e hiperplasia das células adiposas (CENTENARO et al., 2008).

A pele, por sua vez, apesar da grande produção, é usualmente utilizada em produtos cárneos, em especial nos embutidos como salsichas, mortadelas e linguças (BISWAS et al., 2007; FARIA et al., 2015; ROCHA, 2018), pois o seu conteúdo de colágeno contribui para uma emulsão com boa estabilidade, além de ser uma forma de aproveitamento para as indústrias processadoras. No entanto, atualmente, fiscais do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) sugerem o desenvolvimento de pesquisas para avaliar o efeito da substituição da pele por gordura abdominal, visto que a pele apresenta riscos de contaminações microbiológicas, além dos altos níveis de oxidação dos produtos elaborados com adição de pele de frango.

Ainda são poucos os estudos envolvendo aproveitamento da gordura abdominal de aves em alimentos. Encontra-se na literatura trabalhos que abordam sua utilização na elaboração de rações animais, farinhas, sabão e em produtos de baixo valor agregado (CENTENARO et al., 2008).

Um fator limitante para o aproveitamento da gordura abdominal em alimentos é a ausência de legislação que defina e permita sua utilização. Apesar da grande produção e do rico potencial nutricional, ainda não há normas regulamentadoras acerca deste subproduto, gerando questionamentos nos produtores em como aproveitá-lo de forma consciente e positiva para o mercado consumidor.

2.3 ALTERNATIVAS DE APROVEITAMENTO DA CARNE WB E GORDURA ABDOMINAL DE FRANGO

A carne de frango é muito apreciada por diversos consumidores, devido ao preço acessível e qualidade nutricional, apresentando baixos teores de gordura e excelente conteúdo de aminoácidos essenciais. Por este motivo, a carne de frango é utilizada de diferentes maneiras, seja *in natura* ou na forma de produtos cárneos processados (SANCHEZ BRAMBILA et al., 2017a).

O peito de frango é considerado o corte mais nobre da ave, apresentando maior valor comercial. É bastante apreciado devido a seu aspecto agradável, cor atraente, além de ser muito utilizado em receitas requintadas e por consumidores que buscam uma alimentação saudável (ALVES; ALBUQUERQUE; BATISTA, 2016).

Devido a mudanças no conteúdo lipídico e proteico, os peitos acometidos com a miopatia WB apresentam alteração em algumas propriedades tecnológicas, tais como capacidade de retenção de água e de formação de gel, as quais são importantes para elaboração de diferentes produtos. Além disso, os peitos WB também apresentam dureza excessiva em relação ao normal (SIHVO et al., 2014). Entretanto, de acordo com Sanchez Brambila et al. (2017b) o efeito das condições da miopatia WB não parece ser uniforme em todo o músculo. No estudo, os autores observaram que, quando submetidas a uma análise de textura, a porção ventral do peito WB apresentou maior elasticidade, dureza e fibrosidade do que a seção dorsal. Os autores afirmaram ainda que os resultados obtidos sugerem que a qualidade da carne pode variar de acordo com a porção do peito WB utilizada e com a forma de corte seja inteiro ou moído.

Devido a qualidade inferior da carne WB em relação a normal, as indústrias processadoras já começaram a retirar peitos amadeirados da linha de processamento, separando-os para serem utilizados em produtos isolados (CREWS, 2016). Apesar da rejeição por parte dos consumidores e pela qualidade inferior, os peitos amadeirados não apresentam riscos à saúde dos que consomem do ponto de vista microbiológico (SOGLIA et al., 2016).

Qin (2013) elaborou nuggets com carne WB e não percebeu diferença significativa na força de cisalhamento e perda de peso no cozimento quando comparados aos nuggets processados com carne de peito considerado normal. O autor sugeriu que, após o processo de moagem, a carne WB apresenta propriedades diferentes do peito WB inteiro. Segundo Acton (1972), a moagem da carne de frango auxilia na extração das proteínas solúveis presentes na superfície do tecido, na redução da perda de peso por cozimento e aumento na força de ligação entre moléculas.

Madruga et al. (2019) avaliaram a qualidade de linguiça frescal elaborada com carne WB e não detectou diferença sensorial entre os tratamentos com peito de frango normal, WB e sua mistura, demonstrando índice de aceitabilidade acima de 70%, o qual significa que as linguiças foram bem aceitas pelos julgadores, independentemente do tipo de peito de frango utilizado.

Além do aproveitamento dos peitos WB nos frigoríficos, a indústria avícola também busca soluções para a problemática acerca da geração de subprodutos, refletindo também na área de sustentabilidade. Por isso, o aproveitamento de subprodutos tem se tornado uma prática cada vez mais frequente, diante da preocupação em conciliar a redução de perdas com o cuidado em relação ao meio ambiente (TAVARES, 2016).

Na Europa, as políticas governamentais tentam cumprir com os objetivos “mais valor – menos impacto – melhores alternativas” desde 2005 com a criação do Modelo de Sustentabilidade de Três Pilares, onde afirma ser possível alcançar o desenvolvimento sustentável a partir da relação entre o desenvolvimento ambiental, econômico e social (UNEP, 2005). Desta forma, o aproveitamento de subprodutos vem de encontro às políticas de sustentabilidade apresentadas por diferentes países, que defendem a preservação da qualidade ambiental e também os cuidados com recursos naturais que se tornam cada vez mais escassos com o passar dos anos (SAN MARTIN; RAMOS; ZUFÍA, 2015).

Os frigoríficos de aves buscam por alternativas de utilização de subprodutos gerados no abate, pois com a crescente produção, o processamento contribui com o aumento expressivo da obtenção de partes menos nobres e de baixo valor comercial (ROQUE; SELL, 1998). Aliado ao aproveitamento e redução de perdas nas etapas do processamento, a indústria cárnea elabora e insere novos produtos no mercado, apresentando subprodutos com valores agregados. A pele, obtida a partir da desossa dos frangos e após passar por tratamento, já é usualmente utilizada em produtos cárneos, em especial, nos embutidos como salsicha, mortadela e linguiça (BISWAS et al., 2007; FARIA et al., 2015; ROCHA, 2018), pois contribui com a formação de emulsões com boa estabilidade devido a presença de colágeno.

No animal vivo, a pele apresenta a importante função de proteger a carcaça contra fatores ambientais externos, além de regular a temperatura interna e os níveis de água nas aves. Além disso, a pele de aves apresenta diferenças em relação a dos mamíferos quanto a sua espessura, presença de penas e ausência de glândulas sebáceas (COUTEAUDIER; DENESVRE, 2014).

De acordo com United States Department of Agriculture (USDA, 2016), a pele das aves é fonte de proteína e gordura, que a torna interessante subproduto para ser aproveitado. Segundo Tavares (2016), os lipídeos compõem a maior parte da pele, sendo aproximadamente 20% deles insaturados. Já foi identificado em sua composição a presença do ácido linoleico (18:2), além dos ácidos eicosapentaenoico (EPA) e docosahexaenoico (DHA) (DALZIEL; KLIEM; GIVENS, 2015).

Em relação a presença de proteínas, a pele de aves tem sido considerada fonte de peptídeos bioativos obtidos através da produção de hidrolisados, podendo apresentar propriedades antioxidantes (TAVARES, 2016). Em pesquisa realizada por Onuh et al. (2014), foi observado a presença de grandes teores de aminoácidos hidrofóbicos e aminoácidos ácidos como o glutamato e asparagina. He; Franco e Zhang (2013) detectaram a presença dos aminoácidos tirosina e lisina, capazes de doar átomos de hidrogênio, além da histidina que apresenta propriedade quelante. Apesar disso, vale salientar que a composição da pele de aves está intimamente relacionada com a dieta e o período de abate, evitando excesso de ração que pode provocar danos à qualidade da carcaça, além de deposição de gordura excessiva no tecido adiposo (SAHRAEI, 2012).

Outro subproduto gerado nos frigoríficos de aves é a gordura abdominal, a qual corresponde a aproximadamente 2,5% do peso total da ave abatida e apresenta características semelhantes às da pele (CENTENARO et al., 2008). Este subproduto apresenta alto teor de ácido oleico e linoleico, tornando-se potencial ingrediente na fabricação de produtos cárneos como alternativa de melhoria no valor nutricional (CHIU; GIOIELLI, 2002).

O hambúrguer é um produto cárneo processado e reestruturado que apresenta larga aceitação pelos consumidores. Segundo a legislação brasileira, o hambúrguer deve conter no máximo 23% de gordura e 3% de carboidratos totais, e no mínimo 15% de proteína (BRASIL, 2000). Nos Estados Unidos, o termo hambúrguer é referente ao bife de carne moída que pode ser fresco ou congelado, adicionado ou não de gordura e condimentos, sem adição de água e com, no máximo, 30% de gordura (ROMANS et al., 2000).

O desenvolvimento de produtos cárneos com consideráveis teores de gordura, principalmente as insaturadas, como é o caso da pele e gordura abdominal de frango, pode

aumentar a incidência de oxidação, segunda maior causadora da deterioração de alimentos (MARIUTI; BRAGAGNOLO, 2017). Os processos oxidativos estão intimamente relacionados à qualidade da carne ou produto cárneo, os quais podem sofrer alterações de cor, aroma, e degradação de nutrientes (JOHNS; BIRKINSHAW; LEDWARD, 1989), por isso, torna-se importante compreender a oxidação nos alimentos, de qual maneira ela pode modificar características de qualidade do produto e como evitá-la ou retardar seu aparecimento.

2.4 OXIDAÇÃO LIPÍDICA E PROTEICA EM PRODUTOS CÁRNEOS

A oxidação é um dos mecanismos mais importantes responsável pela deterioração dos alimentos. Esta reação pode ser iniciada através de fatores endógenos, por meio da presença de íons metálicos, por exemplo, ou ainda por via exógena através da ação de espécies reativas de oxigênio (ROS). A reação pode desencadear perda da qualidade sensorial afetando a cor, aroma e textura, além da diminuição no valor nutricional (DESCALZO et al., 2005).

As carnes são fontes naturais de lipídios enquanto os seus produtos derivados podem sofrer adição de gordura na formulação. Por esta razão, os produtos cárneos processados são alimentos susceptíveis à oxidação lipídica, uma das principais responsáveis pela diminuição da qualidade e um grande desafio para a indústria de alimentos (MARIUTI; BRAGAGNOLO, 2017).

Os lipídeos insaturados são facilmente oxidados, conferindo características de ranço ao alimento. Este fato torna-se um problema para a indústria avícola que busca desenvolver produtos a partir do aproveitamento de gordura animal, uma vez que o conteúdo em gorduras insaturadas é elevado, podendo diminuir a vida de prateleira do produto. Contudo, a presença de lipídeos insaturados é importante para alguns processos, como o de emulsificação, pois auxilia na formação da rede de ligação óleo-água (GRANGER et al., 2005).

De acordo com Mariuti; Bragagnolo (2017), vários fatores influenciam a intensidade da oxidação lipídica nos produtos cárneos como a qualidade da matéria-prima, cozimento ou condições de aquecimento, uso de aditivos como sal, nitrito, antioxidantes, tipo de embalagem, além da temperatura de distribuição e armazenamento.

A oxidação lipídica ocorre em três fases simultâneas: iniciação, propagação e terminação, iniciando-se através da reação entre radical livre e ácido graxo insaturado. As duas primeiras fases são responsáveis pela formação de radicais primários como hidroperóxidos e dienos conjugados que serão posteriormente decompostos formando os produtos secundários

da oxidação lipídica como pentanal, hexanal e malonaldeído (GUYON; MEYNIER; LAMBALLERIE, 2016).

Por muito tempo, a oxidação lipídica foi considerada a principal reação causadora de danos a qualidade dos alimentos, principalmente os aspectos sensoriais (GUYON; MEYNIER; LAMBALLERIE, 2016). Entretanto, após décadas, as proteínas também passaram a ser alvo de estudos relacionados à oxidação, inclusive decorrente aos produtos secundários formados na oxidação lipídica que são capazes de reagir com as proteínas, peptídeos e aminoácidos, desencadeando a oxidação proteica (ESTEVEZ; LUNA, 2016).

Estevez; Luna (2016) sugeriram diferentes vias para a oxidação proteica, onde os grupos funcionais presentes nas cadeias laterais dos aminoácidos são os principais iniciadores dessa reação causando carbonilação, ligações cruzadas e formação de produtos específicos. Além disso, a oxidação proteica também ocorre em três etapas: iniciação, propagação e terminação.

A iniciação é marcada pela abstração do átomo de hidrogênio da molécula instável, desencadeando a formação de um radical que posteriormente será convertido em radical peroxil. Já os compostos finais formados ao final da oxidação proteica dependem de como a reação foi iniciada (LUND et al., 2011).

Soladoye et al. (2015) descreveram diversos mecanismos para as etapas de propagação e terminação da oxidação proteica. Entretanto, ainda existem mecanismos que não foram totalmente elucidados.

Embora já existam estudos envolvendo a oxidação proteica, ainda é considerado um tópico recente e que influencia parâmetros como cor e textura de carnes e produtos cárneos, mas também a perda de nutrientes como os aminoácidos essenciais e diminuição da digestibilidade das proteínas (GUYON; MEYNIER; LAMBALLERIE, 2016). Em estudo realizado por Ferreira et al. (2018), hambúrgueres de frango armazenados sob refrigeração apresentaram aumentos nos níveis de oxidação proteica ao longo de 14 dias, além de dureza elevada e digestibilidade de proteínas prejudicada. Silva et al. (2018) também detectaram aumentos nos níveis de oxidação proteica em charque elaborado com peito e coxa de frango armazenados a temperatura ambiente (25 °C) durante 120 dias.

Assim como para a oxidação lipídica, a oxidação proteica é quantificada em alimentos através de diferentes procedimentos analíticos com o auxílio de reagentes e equipamentos.

2.4.1 Técnicas analíticas utilizadas para quantificação da oxidação lipídica e proteica em produtos cárneos

A quantificação da oxidação é uma determinação essencial para a indústria de carnes e seus derivados, pois permite controlar e garantir a qualidade dos produtos processados antes da sua comercialização. A avaliação do grau de oxidação apresenta uma dificuldade relacionada ao momento ideal para realização da análise, uma vez que a reação de oxidação não ocorre em tempo e maneira semelhantes para diferentes matrizes. Diante disso, sugere-se que a quantificação da oxidação seja realizada ao longo de um intervalo de tempo representativo para a vida de prateleira do produto (SILVA, 2008).

Na oxidação lipídica, cuja suas reações são as mais elucidadas quando comparadas a oxidação proteica, durante a fase de propagação há formação de hidroperóxidos e dienos conjugados, conhecidos como compostos primários da oxidação. Na etapa de terminação, há a formação dos compostos responsáveis principalmente pela modificação do aroma e cor dos alimentos, como os aldeídos, entre eles, o malonaldeído, os quais são produtos secundários da oxidação lipídica (GUYON; MEYNIER; LAMBALLERIE, 2016).

Existem diferentes técnicas analíticas capazes de avaliar o nível de oxidação da matriz alimentar. No caso da oxidação lipídica, indica-se a determinação dos compostos primários e secundários de maneira simultânea para melhor compreensão da reação, a qual se propaga uma vez iniciada e consiste em três fases (SILVA; BORGES; FERREIRA, 1999). Na fase de iniciação, um iniciador promove a abstração de um átomo de hidrogênio do carbono próximo a uma ligação dupla do ácido graxo insaturado, originando radicais livres (ESKIN; SHAHIDI, 2015). Na fase de propagação, os radicais livres formados reagem com o oxigênio molecular formando um radical peroxil, o qual é altamente instável e abstrai facilmente um novo átomo de hidrogênio, gerando hidroperóxidos e novo radical livre. Os compostos primários formados, os hidroperóxidos, podem ainda reagir com metais de transição e formar radicais peroxil e alcóxil (SAMPAIO et al., 2012). Na fase de terminação, ocorre a combinação de dois radicais formando espécies não radicalares como cetonas, ésteres, aldeídos, álcoois e hidrocarbonetos (KUBOW, 1992).

A oxidação lipídica pode ser verificada através de análises como índice de peróxido, dienos conjugados, índice de para-anisidina e substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBA-RS) (SILVA; BORGES; FERREIRA, 1999). Além disso, também é comum a utilização de análise sensorial com painel treinado e o perfil de compostos voláteis, os quais podem ser

formados no processo de oxidação lipídica como hexanal, heptanal, octanal, nonanal, 1-penten-3-ol, propanal, 1-octenol e 2-octenol, entre outros (VOLDEN et al., 2011).

No caso da oxidação proteica, que também consiste em três fases, pode ser quantificada através de métodos que determinam a perda ou a formação de compostos específicos, como por exemplo, medição do grupo tiol, perda da fluorescência do triptofano, além da análise de formação de compostos característicos da oxidação proteica como pontes dissulfeto, carbonílicos totais, bases de Schiff, semialdeído aminoadípico (AAS), semialdeído gama glutâmico (GGs) (RYSMAN et al., 2014; OLIVER et al., 1987; UTRERA et al., 2012).

Principais técnicas analíticas empregadas para determinação da oxidação lipídica e proteica em produtos cárneos:

- *Índice de Peróxido (IP)*: este método baseia-se na quantificação das substâncias que oxidam iodeto de potássio (KI). A reação com os peróxidos formados produz uma molécula de iodo (I_2), o qual é titulado ao fim da análise com tiosulfato de sódio ($Na_2S_2O_3$) na presença do indicador amido (CARVALHO et al., 2002). Os resultados são expressos em $mEqO_2/kg$ e os autores sugerem que o valor limite para percepção do ranço é acima de $10 mEqO_2/kg$ (CAGDAS; KUMCUOGLU, 2014).

- *Índice de Para-anisidina (IpA)*: o reagente p-anisidina, em meio acético, reage facilmente com aldeídos formando produtos de cor amarelada/alaranjada, os quais podem ser determinados através de espectrofotômetro a 350 nm (IUPAC, 1987). Os resultados são expressos em $\mu mol/\mu g$.

- *Dienos conjugados*: estes compostos são formados a partir do deslocamento das duplas ligações do ácido graxo, o qual sofre a abstração do átomo de hidrogênio do carbono adjacente às ligações insaturadas. Podem ser determinados através de espectrofotômetro a 234 nm (IUPAC, 1992).

- *Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS)*: baseia-se na reação do ácido tiobarbitúrico com produtos formados a partir da decomposição de hidroperóxidos. Um dos principais compostos formados é o malonaldeído (MDA), um aldeído com 3 átomos de carbono. A reação ocorre em meio ácido e a altas temperaturas. O resultado é avaliado por espectrofotometria a 532 nm e é expresso em $mgMDA/kg$ (Rosmini et al., 1996). Autores sugerem que o valor limite para percepção do ranço é acima de $2 mgMDA/kg$ (Campo et al., 2006). Muitos autores têm questionado o método devido a falta de especificidade, uma vez que o TBA é capaz de reagir com outros compostos não provenientes da degradação dos lipídeos

como o acetaldeído e compostos da reação de Maillard, por exemplo (SILVA; BORGES; FERREIRA, 1999).

- *Carbonílicos totais*: este método é baseado na reação do 2,4-dinitrofenilhidrazina (DNPH) com os grupos carbonílicos, inclusive os provenientes da oxidação lipídica, formando o composto 2,4-dinitrofenilhidrazona que pode ser determinado através de espectrofotômetro a 370 nm. Os resultados são expressos em nMcarbonila/mgproteína (OLIVER et al., 1987).

- *Semialdeídos aminoadípico (AAS) e gama glutâmico (GGS)*: os carbonílicos específicos AAS e GGS são gerados a partir da oxidação de alguns aminoácidos (lisina, prolina e arginina), na presença de ROS e metais de transição (ferro e cobre). Podem ser detectados por HPLC acoplado a detector de fluorescência, utilizando como fase móvel o tampão acetato de sódio (UTRERA et al., 2012).

- *Fluorescência do triptofano*: as proteínas apresentam, de maneira natural, fluorescência devido a presença de aminoácidos aromáticos como o triptofano. A perda dessa fluorescência é reflexo de modificações decorrentes de processo oxidativo (ESTÉVEZ; MORCUENDE; VENTANAS, 2008). Através de um espectrofotômetro de fluorescência, é possível avaliar a degradação do triptofano com emissão registrada a 350 nm e excitação a 280 nm (ESTÉVEZ et al., 2008).

- *Bases de Schiff*: são formadas a partir da reação entre compostos carbonílicos de proteínas e aminogrupos de aminoácidos alcalinos. Devido sua fluorescência, podem ser medidas através da espectroscopia de fluorescência com emissão registrada em 500 nm de comprimento de onda e excitação a 350 nm (UTRERA et al., 2012).

- *Ditirosina*: é formada a partir da reação catalisada por peroxidase entre peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e o aminoácido tirosina, formando ligações cruzadas na estrutura da proteína. Pode ser avaliada através de HPLC e espectrofotômetro de fluorescência com emissão registrada em 420 nm de comprimento de onda e excitação a 315 nm (soluções alcalinas) ou 284 nm (soluções ácidas) (ESTÉVEZ; MORCUENDE; VENTANAS, 2008).

- *Grupos sulfidrila e pontes dissulfeto*: o aminoácido cisteína é degradado com a oxidação, promovendo a diminuição dos grupos SH, cuja concentração pode ser avaliada em espectrofotômetro a 324 nm de comprimento de onda e com curva padrão de L-cisteína (RYSMAN et al., 2014).

- *Eletroforese SDS-PAGE*: pode ser utilizada em conjunto com outras técnicas com o objetivo de detectar a oxidação de proteínas miofibrilares através da diminuição da densidade das bandas correspondentes a 200 kDa (miosina) e 45 kDa (actina) (ESTÉVEZ; MORCUENDE; VENTANAS, 2008).

3 MATERIAL E MÉTODOS



3.1 MATERIAL

O experimento foi desenvolvido em parceria com abatedouro certificado com Selo de Inspeção Federal (SIF), localizado no município de Guarabira situado no Estado da Paraíba.

Os peitos, a gordura abdominal (GAB) e a pele (PL) foram obtidos de frangos da linhagem comercial Cobb, machos e fêmeas, com idade ao abate entre 42 a 48 dias. O procedimento de abate dos frangos seguiu a linha de processamento comercial, obedecendo os critérios estabelecidos pela Portaria nº 210, de 10 de novembro de 1998, do Ministério da Agricultura e Pecuária e Abastecimento, que regulamenta a inspeção tecnológica e higiênico-sanitária de carne de aves (BRASIL, 1998), por meio das etapas de pendura, atordoamento por eletronarose (600 Hz, 120 mA/ave), sangria (corte das artérias carótidas, vertebrais e das veias jugulares), escalda, depenagem, evisceração, pré-resfriamento através da imersão em água (pré-chiller: $T \leq 16^{\circ}\text{C}$, 12 minutos; chiller: $T \leq 4^{\circ}\text{C}$, 55 minutos) e desossa.

A coleta dos peitos foi realizada após desossa da carcaça seguindo a classificação descrita no Quadro 1. A pele foi coletada após sua remoção da carcaça, enquanto a gordura abdominal foi coletada após etapa de pré-resfriamento (chiller).

Quadro 1. Classificação dos peitos quanto à presença ou não da miopatia.

	Classificação	Base da classificação	Descrição	Referência
	Peito Normal (N)	Aspecto visual e palpção do músculo	Peitos que não apresentem áreas endurecidas do músculo	KUTTAPPAN et al., 2013
	Peito <i>Wooden Breast</i> (WB)	Aspecto visual e palpção do músculo	Peitos que apresentem áreas endurecidas em todo o músculo	BAILEY et al., 2015

Fonte: Próprio autor.

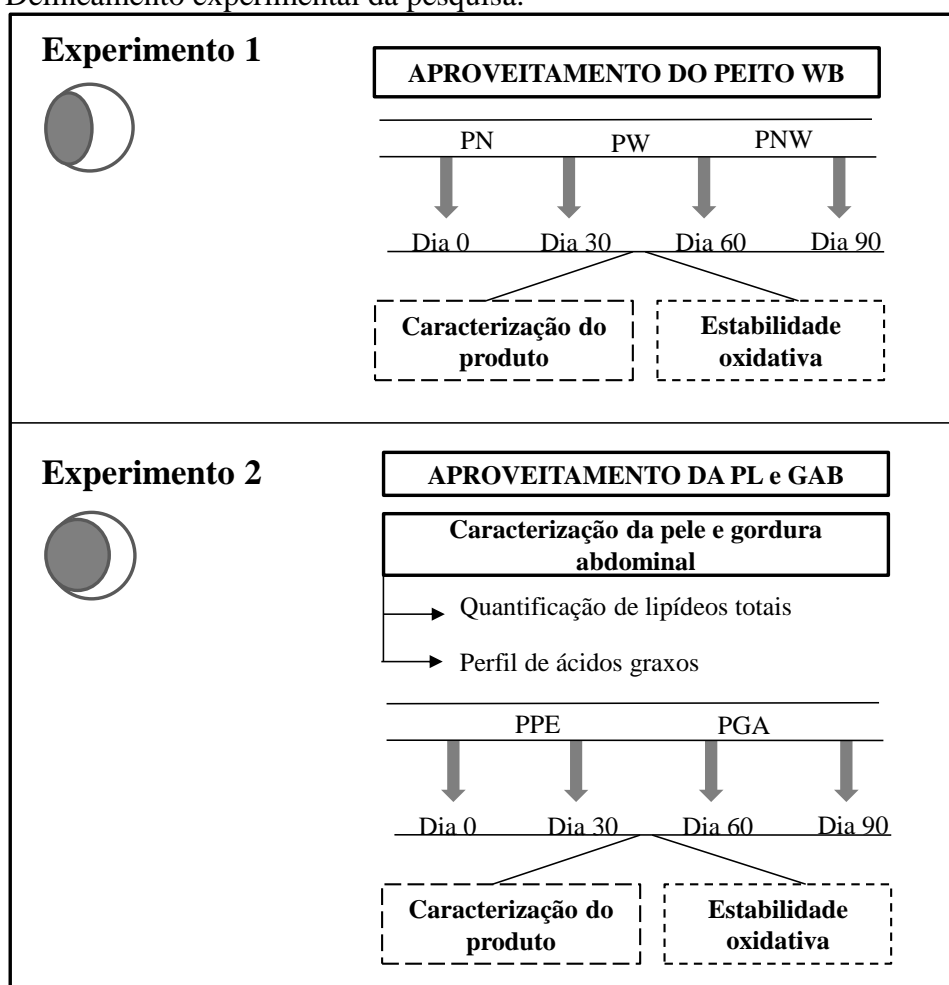
Após a coleta, as matérias-primas foram armazenadas em embalagens plásticas de polietileno, acondicionadas em caixas isotérmicas ($T < 7^{\circ}\text{C}$) e transportadas para o Laboratório de Análises Químicas de Alimentos (LAQA), localizado no Centro de Tecnologia, Campus I

da Universidade Federal da Paraíba, onde foram congelados ($-18\text{ }^{\circ}\text{C}$) em freezer por um período de 48 h até o início do experimento.

3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

A pesquisa foi executada em duas etapas conforme apresentado na Figura 2. No primeiro experimento, foi avaliado o efeito da adição de carne WB nas características de qualidade dos emulsionados armazenados por 90 dias sob refrigeração ($-18\text{ }^{\circ}\text{C}$). No segundo experimento, os subprodutos de frango (pele e gordura abdominal) foram caracterizados quanto ao teor de lipídios totais e perfil de ácidos graxos. Em seguida, foi avaliada a influência da incorporação dos subprodutos nas características de qualidade dos emulsionados armazenados de acordo com o descrito para o experimento 1.

Figura 2. Delineamento experimental da pesquisa.



PN: emulsionado apenas com peito normal; PW: emulsionado apenas com peito WB; PNW: emulsionado com mistura de peito normal e peito WB; PPE: emulsionado elaborado com pele; PGA: emulsionado elaborado com gordura abdominal.

Para realização do experimento 1, analisou-se dois tipos de matéria-prima (peito N e peito WB) em quatro tempos de armazenamento (0, 30, 60 e 90 dias). Para o experimento 2, foram analisados dois tipos de fonte de gordura (pele e gordura abdominal) em quatro tempos de armazenamento (0, 30, 60 e 90 dias). Para todas as análises foram realizadas 4 repetições.

3.3 PROCESSAMENTO DOS EMULSIONADOS DE FRANGO TIPO HAMBÚRGUER

O processamento foi realizado conforme formulações apresentadas na Tabela 1. Foram elaborados três tratamentos do emulsionado no experimento 1: PN (processada apenas com o peito normal), PW (apenas peito WB) e PNW (mistura do peito normal e WB). No experimento 2 foram processadas 2 formulações: PS (com adição da pele) e PF (com adição da gordura abdominal).

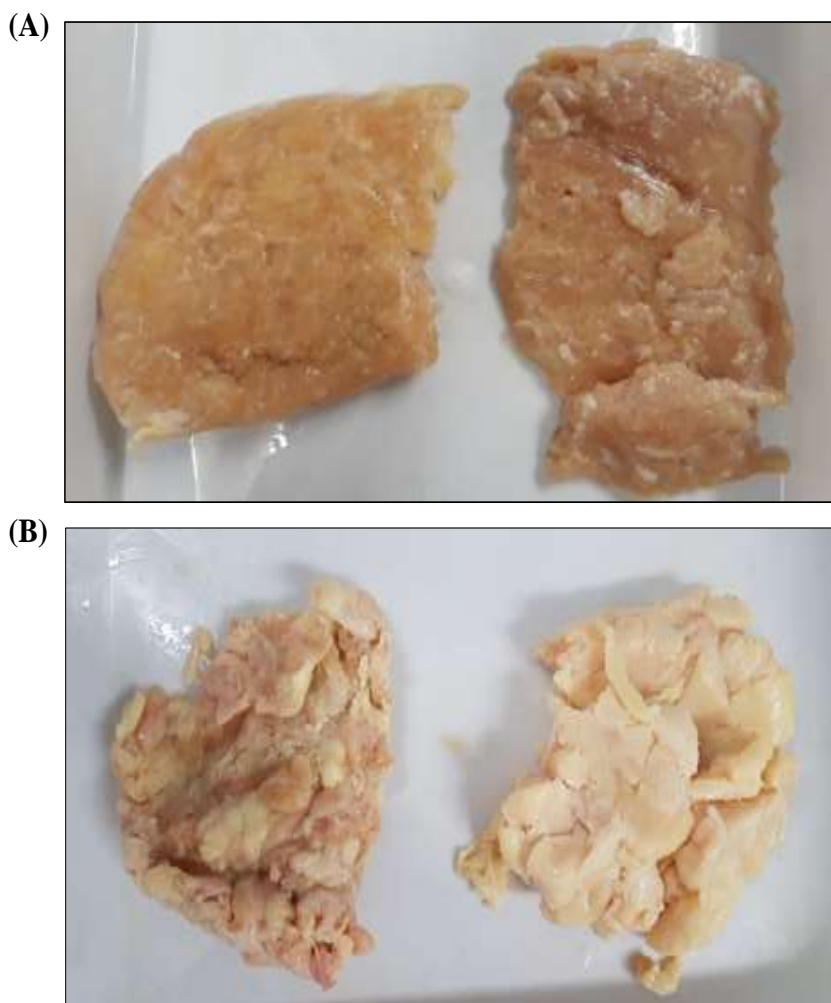
Tabela 1. Formulações dos emulsionados de frango tipo hambúrguer.

MATÉRIA-PRIMA	EXPERIMENTO 1			EXPERIMENTO 2	
	TRATAMENTOS			PPE	PGA
	PN	PW	PNW		
Peito de frango Normal	70,0	-	35,0	70,0	70,0
Peito de frango WB	-	70,0	35,0	-	-
Pele	15,0	15,0	15,0	15,0	-
Gordura abdominal	-	-	-	-	15,0
Água gelada	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0
INGREDIENTES (g/kg)					
Cebola em pó	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
Alho em pó	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Cloreto de sódio	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Cominho	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Pimenta em pó	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Glutamato monossódico	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

PN: emulsionado apenas com peito normal; PW: emulsionado apenas com peito WB; PNW: emulsionado com mistura de peito normal e peito WB; PPE: emulsionado elaborado com pele; PGA: emulsionado elaborado com gordura abdominal.

As formulações foram diferentes quanto ao tipo de peito (normal ou *Wooden Breast*) e fonte de gordura (pele ou gordura abdominal) os quais estão ilustrados na Figura 3.

Figura 3. Da esquerda para a direita, peito normal e peito WB moídos (A), pele e gordura abdominal (B).

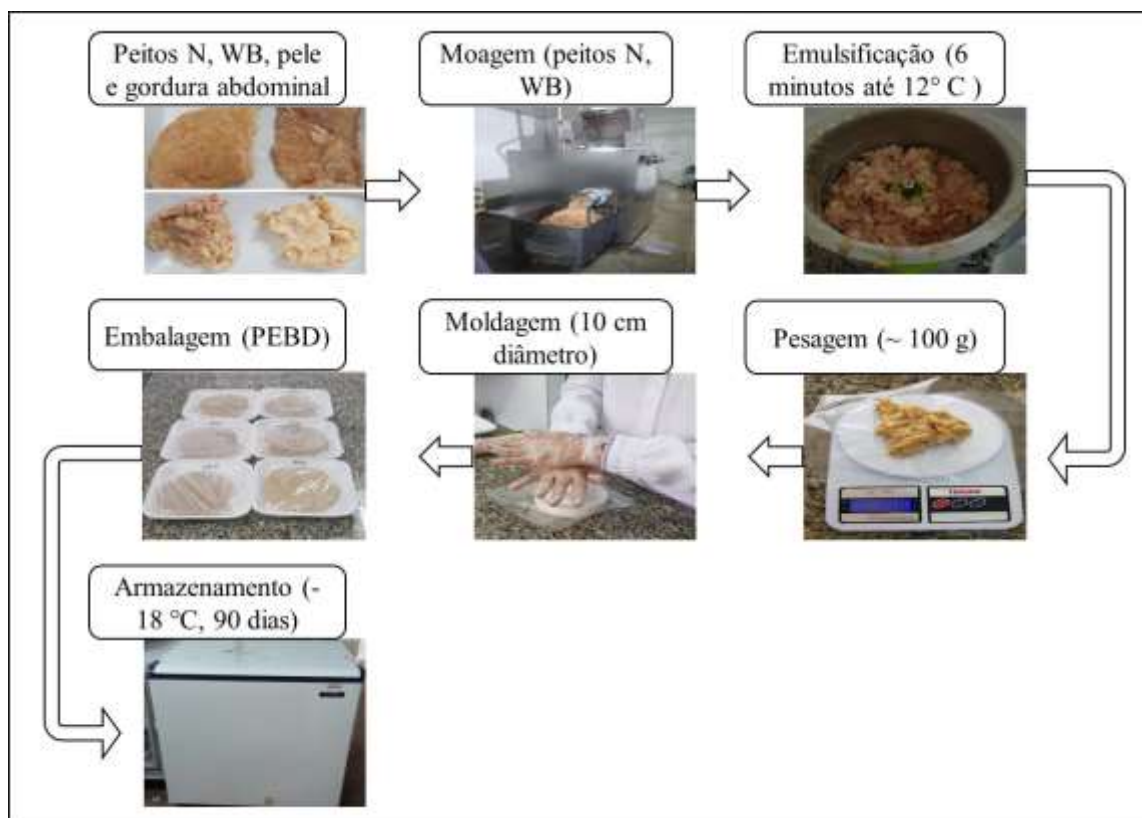


Fonte: Próprio autor.

Os peitos de frango resfriados N e WB, pele e gordura abdominal foram inicialmente moídos em moedor industrial (Modelo MC 160, Ibrasmak, São Paulo, Brasil) com disco de 6 mm. Em seguida, a carne e a pele ou a gordura abdominal de frango foram emulsionados em cutter (Modelo 90510, G. Paniz, Caxias do Sul, Brasil), por aproximadamente 6 minutos, juntamente com os demais ingredientes, de acordo com as formulações dispostas na Tabela 1. A massa cárnea foi mantida a temperaturas abaixo de 12 °C por meio da adição de água gelada. Os emulsionados tipo hambúrguer foram moldados (100 g) em molde plástico (10 cm de diâmetro), sendo posteriormente dispostos em bandejas de isopor e cobertas com filme de

polietileno de baixa densidade (PEBD). As amostras foram armazenadas a -18°C em freezer comercial por 90 dias, período no qual foi realizado o estudo da vida de prateleira em intervalos de 30 dias, nos tempos 0, 30, 60 e 90 dias (Figura 4).

Figura 4. Fluxograma de processamento do emulsionado de frango tipo hambúrguer.



Fonte: Próprio autor.

3.4 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DOS EMULSIONADOS DE FRANGO TIPO HAMBÚRGUER

3.4.1 Determinação de pH e atividade de água

O pH foi determinado com o auxílio de pHmetro digital (Quimis Aparelhos Científicos Ltda., Modelo Q400 AS Diadema, SP, Brasil) equipado com um eletrodo de vidro (Quimis Aparelhos Científicos Ltda, Modelo QA338-ECV) e calibrado com solução tampão pH 7,0 e 4,0, seguindo os parâmetros descritos no método 947.05 da AOAC (2000).

A atividade de água foi mensurada de acordo com o método 978.18, descrito pela AOAC (2000), utilizando-se aparelho AQUALAB CX2 (Decagon Devices, USA).

3.4.2 Cor instrumental

A cor instrumental dos emulsionados de frango tipo hambúrguer foi determinada utilizando-se um colorímetro digital Minolta (Modelo CR-400, Minolta, Mahwah/New Jersey, USA) para leitura dos parâmetros L^* (luminosidade), a^* (intensidade de vermelho/verde) e b^* (intensidade de amarelo/azul) conforme especificações da Comissão Internationale de L'éclairage - CIE (2004). Previamente às leituras, o equipamento foi calibrado colocando o cabeçal do medidor na posição vertical sobre o centro da placa de calibração branca (Iluminante C: $Y = 92,84$ $X = 0,3136$, $y = 0,3201$). A diferença colorimétrica total (ΔE) entre as amostras foi calculada utilizando-se a equação $\Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$.

3.4.3 Composição química parcial

Os teores de umidade, cinza e proteína foram determinados utilizando-se a metodologia da AOAC (2000) descrita nos itens nº 950.46.41, 920.153 e 928.08, respectivamente. A gordura total foi quantificada utilizando-se mistura de clorofórmio e metanol de acordo com o método proposto por Folch; Lees; Stanley (1957).

3.4.4 Determinação do colágeno total

O teor de colágeno total foi quantificado através da determinação da hidroxiprolina, de acordo com procedimento 990.26 da AOAC (2012). A amostra foi digerida em ácido sulfúrico 3,5 M por 16 h em estufa a 105 °C. Após este período, o filtrado da digestão foi diluído. Uma alíquota de 2 mL do filtrado diluído foi adicionado a 1 mL da solução oxidante (1,41 g de cloramina T em 100 mL da solução tampão pH 6,0) e a mistura foi mantida em repouso em local escuro por 20 minutos. Em seguida, foi adicionado 1 mL do reagente de cor (10 g de 4-dimetilaminobenzaldeído em 35 mL de ácido perclórico a 60% p/p) e a mistura foi aquecida a 60°C/15 minutos. Após esse tempo, realizou-se a leitura da absorbância a 558 nm contra um branco contendo apenas os reagentes. A concentração de hidroxiprolina na amostra foi calculada a partir de curva padrão de hidroxiprolina (L-hydroxyproline, Merck, Alemanha) com concentração entre 0,6 a 3,6 µg/mL. O conteúdo de colágeno total de cada amostra foi calculado multiplicando-se o teor de hidroxiprolina pelo fator de conversão 8,0, sendo o resultado final expresso em gramas de colágeno total por 100 gramas de amostra.

3.4.5 Avaliações de desempenho durante cocção

Na avaliação do desempenho durante o cozimento do emulsionado tipo hambúrguer, determinou-se os seguintes parâmetros: rendimento, redução de diâmetro, encolhimento e retenção de água. Esta avaliação foi realizada de acordo com metodologia adaptada de Piñero et al. (2008), Alesson-Carbonell et al. (2005) e El-Magoli; Laroia e Hansen (1996), respectivamente. Os emulsionados foram submetidos a tratamento térmico em chapa (CKSTGR 3007, Oster, China) previamente aquecida a 175 °C e seu cozimento ocorreu pela transferência de calor por condução, através do contato direto da superfície quente em ambos os lados da amostra por 3 minutos, totalizando 6 minutos, até que a temperatura no centro do produto atingisse 75 °C, medida com auxílio de termômetro tipo espeto (INCOTERM®, China). Em seguida, os emulsionados foram resfriados até a temperatura de 25 °C.

O rendimento, em percentual, foi determinado pela medida do peso dos produtos antes e após cocção, sendo calculado pela Equação 1, onde “PCZ” diz respeito ao peso da amostra cozida, enquanto “PCR” ao peso da amostra crua.

$$\text{Rendimento de cozimento (\%)} = \frac{\text{PCZ}}{\text{PCR}} \times 100 \quad (\text{Eq. 1})$$

Os percentuais referentes a redução de diâmetro e encolhimento foram avaliados com auxílio de paquímetro digital e calculados através das Equações 2 e 3, respectivamente, onde “DCR” é o diâmetro da amostra crua, “DAC” diâmetro da amostra cozida, “ECR” espessura da amostra crua e “EAC” espessura da amostra cozida.

$$\text{Redução de diâmetro (\%)} = \frac{(\text{DCR} - \text{DAC})}{\text{DCR}} \times 100 \quad (\text{Eq. 2})$$

$$\text{Encolhimento (\%)} = \frac{(\text{ECR} - \text{EAC}) + (\text{DCR} - \text{DAC})}{(\text{ECR} + \text{DCR})} \times 100 \quad (\text{Eq. 3})$$

Em relação ao percentual de retenção de água, que representa a quantidade final retida no produto, foi obtido com a utilização da Equação 4, onde “RC” é o rendimento de cozimento e “UAC” umidade da amostra cozida.

$$\text{Retenção de água (\%)} = \frac{\% \text{ RC} * \% \text{ UAC}}{100} \quad (\text{Eq. 4})$$

3.5 ANÁLISE DO PERFIL DE TEXTURA (TPA) E FORÇA DE CISALHAMENTO (FC)

A determinação do perfil de textura foi realizada utilizando-se texturômetro TA-XT2i (Stable Micro Systems, Surrey, Reino Unido) equipado com probe cilíndrico de 5 cm de diâmetro. As amostras foram obtidas a partir de um cortador cilíndrico (2,5 cm de diâmetro x 1,0 cm de altura). Os parâmetros avaliados foram dureza (N), a adesividade ($N \times s$), mastigabilidade (N), elasticidade (adimensional), coesividade (adimensional) e a resiliência (adimensional), segundo metodologia proposta por Bourne (2002). Foram utilizadas as seguintes condições: probe P/35, velocidade de pré-teste 2,0 mm/s; velocidade de teste: 2,0 mm/s; velocidade pós-teste: 5,0 mm/s; distância de compressão: 4 mm; força de disparo: 5 g.

Para força de cisalhamento, as amostras foram cortadas em formato retangular (2,5 cm de comprimento x 1,0 cm de altura x 1,0 cm de largura) e submetidas a análise através de texturômetro TA-XT2i (Stable Micro Systems, Surrey, Reino Unido) equipado com lâmina tipo Warner Bratzler operando a uma velocidade de 10 mm/s, profundidade de penetração de 20 mm e força de contato de 5 g (WHEELER et al., 1997). Os dados de TPA e FC foram analisados através do software Texture Expert for Windows 1.20 (Stable Micro Systems\TE32L\versão 6.1.4.0 Inglaterra).

3.6 AVALIAÇÃO DO PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS E ÍNDICES DE QUALIDADE NUTRICIONAL DOS LIPÍDEOS

A obtenção dos ésteres de ácidos graxos foi realizada de acordo com método descrito por Hartman; Lago (1973) a partir da retirada de uma alíquota dos extratos lipídicos cuja concentração foi equivalente a 0,5 g/mL de gordura obtidos pela metodologia de Folch; Less e Stanley (1957). A identificação e quantificação dos ésteres de ácidos graxos foi realizada utilizando-se cromatógrafo a gás (VARIAN 430 - GC, California, USA) acoplado com detector de ionização de chama (DIC), coluna capilar de sílica fundida (SPTM – 2560, Supelco, Bellafonte, EUA) com dimensões de 100 m x 0,25 mm e 0,20 µm de espessura do filme. Como gás de arraste, utilizou-se o hélio com vazão de 1 mL/minuto. Foram utilizadas as seguintes condições: temperatura do injetor 240 °C; temperatura inicial do forno 100 °C, aumentando-se

2,5 °C min⁻¹ até atingir 245 °C, permanecendo-se por 30 minutos, com um tempo total de corrida de 88 minutos; temperatura do detector 250 °C. Fluxo dos gases auxiliares: hélio 25 mL min⁻¹, hidrogênio 30 mL min⁻¹, ar sintético 300 mL min⁻¹. Alíquotas de 1,0 µL do extrato esterificado foram injetadas em injetor tipo Split/Splitless (Split 1:100). Os cromatogramas foram registrados em *software* tipo *Galaxie Chromatography Data System*. Para identificação dos ácidos graxos, os tempos de retenção dos ésteres metílicos foram comparados com padrões Supelco ME19 - Kit (*Fatty Acid Methyl Esters* C6 - C24). Os dados foram expressos em percentual (%) de área.

Os índices de aterogenicidade (IA) e trombogenicidade (IT) foram calculados conforme descrito por Ulbricht e Southgate (1991), através das Equações 5 e 6, respectivamente:

$$IA = \frac{C12:0 + (C14:0 * 4) + C16:0}{\Sigma MUFA + \Sigma n6 + \Sigma n3} \quad (\text{Eq. 5})$$

$$IT = \frac{C14:0 + C16:0 + C18:0}{(0,5 * \Sigma MUFA) + (0,5 * \Sigma n6) + (3 * \Sigma n3) + (\Sigma n3 / \Sigma n6)} \quad (\text{Eq. 6})$$

Onde $\Sigma MUFA$ corresponde ao somatório dos ácidos graxos monoinsaturados, $\Sigma n3$ corresponde ao somatório dos ácidos graxos n3 e $\Sigma n6$ ao somatório dos ácidos graxos n6.

3.7 DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS HIGIÊNICO-SANITÁRIOS

A avaliação dos parâmetros higiênico-sanitários foi realizada no intuito de assegurar a qualidade higiênico-sanitária das amostras para análise sensorial. As características microbiológicas das amostras foram determinadas de acordo com as análises exigidas pela RDC nº 12 (BRASIL, 2001), no Anexo I (padrões microbiológicos sanitários para alimentos), subitem 5, letra “f” (produtos cárneos crus refrigerados ou congelados), a qual preconiza a determinação de coliformes a 45 °C, *Staphylococcus* coagulase positiva, *Clostridium* sulfito redutor e *Salmonella* spp. Todos os parâmetros microbiológicos foram avaliados de acordo com a metodologia descrita por American Public Health Association (APHA, 2015).

3.8 ANÁLISE SENSORIAL DOS EMULSIONADOS TIPO HAMBÚRGUER

Primeiramente foi obtido a aprovação da pesquisa pelo Comitê de Ética e Pesquisa do Hospital Universitário Lauro Wanderley (HULW), da Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

junto à plataforma Brasil, com emissão de certificado de execução das atividades CAAE 88553618.2.0000.5183 (Anexo A). Em seguida, após análise microbiológica, foi emitida a comprovação de que os produtos emulsionados estavam aptos para o consumo e dentro dos parâmetros preconizados pela Legislação (RDC nº 12 de 02 de janeiro de 2001). Em posse dos dois documentos, procedeu-se com a avaliação sensorial do produto, logo após o processamento, aplicando-se os testes de aceitação e intenção de compra.

Foram recrutados 100 julgadores não treinados que responderam a um questionário inicial para traçar o perfil dos potenciais consumidores (Apêndice A). Os avaliadores também preencheram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, conforme exigido pela Resolução nº 466 de 12/12/2012 do Conselho Nacional de Saúde (Apêndice B).

Dos 100 julgadores recrutados, 57 pertenciam ao gênero masculino, 63 tinham idade entre 21 e 40 anos, 50 possuíam graduação completa, todos responderam não possuir aversão, intolerância ou alergia a algum ingrediente/condimento, 65 indicaram que gostam muito de hambúrguer, 76 preferem hambúrguer de carne de frango, 48 optaram por consumo assado e 41 declararam consumir hambúrguer regularmente (cerca de 1 a 2 vezes por mês).

Para a análise de aceitação, os parâmetros sensoriais avaliados foram cor, aroma, sabor, textura, aparência e aceitação global usando uma escala hedônica de nove pontos (9 = gostei muitíssimo; 1 = desgostei muitíssimo) (Apêndice C), conforme Stone e Sidel (1993) e Meilgaard; Civille e Carr (1999). Os emulsionados de frango foram assados em chapa (CKSTGR 3007, Oster, China) previamente aquecida a 175 °C durante 6 minutos aproximadamente, sendo 3 minutos para cada lado, até atingir 75 °C no seu interior. Em seguida, de cada emulsionado tipo hambúrguer, foram retiradas amostras em formato cilíndrico (2,5 cm de diâmetro e 1,0 cm de altura), os quais foram servidos em copos plásticos de 50 mL identificados aleatoriamente com 3 dígitos. O teste de intenção de compra (Stone; Sidel, 1993) foi executado de maneira simultânea ao de aceitação, utilizando-se escala hedônica de cinco pontos (5 = certamente compraria; 1 = nunca compraria) (Apêndice C).

3.9 AVALIAÇÃO DA OXIDAÇÃO LIPÍDICA E PROTEICA DO EMULSIONADO DE FRANGO TIPO HAMBÚRGUER

Para avaliar o grau de oxidação lipídica nos emulsionados, utilizou-se métodos capazes de quantificar produtos primários (índice de peróxidos) e produtos secundários (índice de para-anisidina, TBARS, compostos voláteis) da oxidação. Além da execução desses testes, realizou-se ainda a avaliação da aceitação sensorial dos parâmetros de cor e aroma ao longo do

armazenamento do produto. A oxidação proteica foi medida pela quantificação de compostos carbonílicos totais.

3.9.1 Índice de peróxido

O índice de peróxido foi determinado de acordo com método descrito por Carvalho et al. (2002). Uma alíquota de 15 mL foi obtida após extração dos lipídeos em 5 g da amostra pelo método de Folch; Lees e Stanley (1957). Em seguida, foi adicionada de ácido acético puro (AnalaR NORMAPUR®) e solução de iodeto de potássio saturada. A mistura permaneceu em repouso durante 1 minuto em local escuro. Após este tempo, foram adicionados 22,5 mL de água destilada e 3 mL solução de amido 1%. O procedimento se encerrou com a titulação da mistura com tiossulfato de sódio 0,01 N. O índice de peróxido foi expresso em mEqO₂/kg e calculado conforme a Equação 7, onde “S” é o volume de tiossulfato gasto na titulação da amostra, “B” o volume gasto na titulação do branco, “N” a normalidade do tiossulfato, “f” o fator de correção do tiossulfato e “p” a massa da gordura presente na alíquota.

$$IA = \frac{((S - B) * N * f)}{p * 3} * 100 \quad (\text{Eq. 7})$$

3.9.2 Índice de Para-anisidina (IpA)

O índice de para-anisidina foi determinado conforme método adaptado da IUPAC (1987). Alíquotas das frações lipídicas obtidas pelo método de Folch; Lees e Stanley (1957) equivalentes a 0,5 g de gordura passaram por evaporação do clorofórmio utilizando-se gás nitrogênio e em seguida foram diluídas em 25 mL de iso-octano puro. A primeira absorbância (A1) foi verificada a 350 nm através de espectrofotômetro UV-VIS, utilizando o iso-octano como branco. Após a leitura, foi adicionado 1 mL de para-anisidina (2,5 mg.mL⁻¹) à 5 mL da mistura (amostra + iso-octano), seguida de homogeneização e repouso em local escuro durante 10 minutos. Em seguida, foi realizada uma segunda leitura de absorbância (A2) a 350 nm, utilizando a mistura iso-octano + para-anisidina como branco.

O índice de para-anisidina (IpA) foi calculado a partir da Equação 8, onde “m” é a massa lipídica.

$$IpA = \frac{(A2 - A1) * 1,2}{m} * 25 \quad (\text{Eq. 8})$$

3.9.3 Determinação do número de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS)

A determinação do valor de TBARS foi realizada conforme método descrito por Rosmini et al. (1996) com adaptações. Foi adicionado às amostras (2,5 g) 5 mL de ácido tricloroacético (TCA) 10% e 2,5 mL de água destilada em tubos tipo Falcon de 15 mL. Os tubos foram agitados durante 5 minutos para promover a extração das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS). Em seguida, os tubos foram centrifugados por mais 5 minutos a 3500 rpm. O sobrenadante foi filtrado e homogeneizado com 5 mL de ácido tiobarbitúrico (TBA) 0,02 M. A mistura foi aquecida em banho maria a 100 °C durante 35 minutos. Em seguida, os tubos foram resfriados e a absorbância da mistura foi lida a 532 nm contra um branco contendo 5 mL de TCA 10% e 5 mL de TBA 0,02 M. Uma curva padrão de 1,1,3,3-tetrametoxipropano (TMP) foi utilizada para quantificação do número de TBARS, variando-se a concentração de 0,2 a 2,6 µg/mL, onde o resultado foi expresso em mg de TBARS/kg de amostra.

3.9.4 Análise de compostos voláteis

A extração dos voláteis foi realizada através da técnica de micro extração em fase sólida (SPME) com dispositivo SPME (Supelco). A fibra utilizada foi 65 µm Polidimetilsiloxano/Divinilbenzeno (PDMS/DVB), ativada de acordo com as condições do fabricante (250 °C/30 minutos). Cerca de 2 g da amostra do produto emulsionado tipo hambúrguer triturada e cozida foi colocada em frasco de vidro de 20 mL hermeticamente fechado com tampa rosqueável, contendo septo revestido de teflon. Após atingir o equilíbrio (60°C/5 minutos), a fibra foi exposta ao *headspace* por 60 minutos para extração. Após este tempo, o dispositivo SPME foi movido do frasco da amostra e inserido diretamente na porta de injeção do espectrômetro de massas (Agilent Technologies 5977B, Little Falls, DE, USA) acoplado a um cromatógrafo gasoso 7890B, responsáveis por separar e identificar os voláteis coletados pela SPME. Foram utilizadas as seguintes condições: temperatura inicial do forno 40 °C/ 2 minutos, aumentando-se 4 °C min⁻¹ até atingir 280 °C, permanecendo por 10 minutos, totalizando 72 minutos de corrida. A temperatura do injetor foi fixada em 250 °C. O hélio foi usado como gás de arraste na vazão de 1,0 mL/minuto no sistema de injeção split 1:10. A temperatura da linha de transferência foi de 170 °C. O espectrômetro de massas foi operado no modo impacto de elétrons (70 eV) e a faixa de “scanning” de massa foi de 35 a 350 u.m.a a 3,33 scans/s. A identificação dos compostos foi realizada pela análise dos padrões de fragmentação exibidos nos espectros de massas, tendo sido confirmada por comparação dos

seus espectros de massas com aqueles presentes na base de dados fornecida pelo equipamento NIST (*National Institute of Standards & Technology, E.U.A*), bem como através dos seus índices de retenção linear com os de compostos conhecidos. Os resultados foram expressos em percentual (%) de área.

3.9.5 Aceitação do aroma e degradação da cor no armazenamento

A avaliação da aceitação e da degradação sensorial da cor das amostras foi realizada ao longo do armazenamento (90 dias) sob congelamento com o auxílio de 70 julgadores não treinados que declararam consumir hambúrguer regularmente. Para ambos os testes, foi utilizada uma escala hedônica de nove pontos variando do desgostei muitíssimo (1) a gostei muitíssimo (9) (Apêndice D).

Para aceitação do aroma, 5 g de cada amostra triturada foram dispostos em tubos tipo Falcon de 50 mL selados e envoltos por papel alumínio. As amostras foram oferecidas aos provadores logo após o cozimento, conforme descrito no item 3.8, ainda aquecidas. Em relação a degradação da cor, cilindros de hambúrguer cozidos com dimensões de 2,5 cm de diâmetro e 1,0 cm de altura, aproximadamente, foram oferecidos aos provadores para avaliação visual. Cada amostra foi codificada com 3 números aleatórios.

3.9.6 Quantificação dos compostos carbonílicos totais

A oxidação das proteínas foi avaliada a partir da quantificação de compostos carbonílicos totais das amostras após derivatização com 2,4 dinitrofenilhidrazina (DNPH) segundo a metodologia modificada de Oliver et al. (1987). Cerca de 1 g amostra foi homogeneizada com tampão Na₃PO₄ 20mM pH 6,5 e NaCl 0,6 M. Deste homogeneizado, cerca de 150µL foram utilizados para determinar a concentração de proteínas e o conteúdo de compostos carbonílicos. Para os dois casos, adicionou-se 1 mL de ácido tricloroacético (TCA) 10% e a mistura foi centrifugada a frio (4 °C) por 5 minutos a 5000 rpm para precipitação das proteínas.

Para a determinação dos compostos carbonílicos, adicionou-se 1 mL de HCl 2M e DNPH 0,2%, enquanto para a determinação das proteínas foi adicionado 1 mL apenas de HCl 2M. Em seguida, manteve-se tanto os compostos carbonílicos, quanto as proteínas em repouso durante 1 hora, a temperatura ambiente. Após este período, as proteínas foram precipitadas novamente com 1 mL de TCA 10% e centrifugadas a 10000 rpm por 10 min. Foram lavadas

duas vezes com etanol/acetato de etila (1:1 v/v) seguidas de centrifugações a 10000 rpm por 5 min, entre cada lavagem. As proteínas precipitadas foram dissolvidas em 1,5 mL de tampão Na_3PO_4 20mM pH 6,5 e cloridrato de guanidina 6M.

A concentração de proteínas das amostras foi calculada a partir da leitura das absorvâncias a 280 nm com auxílio de uma curva padrão de albumina. A quantidade de compostos carbonílicos foi expressa em nanomoles de carbonílicos por mg de proteína, usando um coeficiente de extinção molar de hidrazonas ($21,0 \text{ nM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$) com leituras da absorvância a 370 nm.

3.10 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados dos dados foram analisados estatisticamente utilizando-se o software IBM SPSS Statistics 2.3. Para avaliar o efeito do tipo de peito foi realizado a Análise de Variância (ANOVA) unidirecional. Já para avaliação do tipo de peito em função do tempo de armazenamento, realizou-se a ANOVA bidirecional por meio de modelo linear geral, onde o tipo de peito e tempo de armazenamento foram os fatores fixos. Em relação a caracterização das amostras formuladas com adição de gordura abdominal e pele nos emulsionados, aplicou-se o teste t de Student. O tipo de fonte lipídica em função do tempo de armazenamento foi analisado através de ANOVA bidirecional por meio de modelo linear geral, onde o tipo de fonte lipídica e tempo de armazenamento foram os fatores fixos. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey considerando um nível de significância de $p < 0,05$. Para os dados referentes à análise sensorial foi utilizado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$).

REFERÊNCIAS

- ACTON, J. C. The effect of meat particle size on extractable protein, cooking loss and binding strength in chicken loaves. **Journal Food Science**, v, 37, p. 240–243, 1972.
- ALESON-CARBONELL, L.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; PÉREZ-ALVAREZ, T. J. A.; KURI, V. Characteristics of beef burger as influenced by various types of lemon albedo. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 6, n. 2, p. 247-255, 2005.
- ALVES, M. G. M.; ALBUQUERQUE, L. F.; BATISTA, A. S. M. Qualidade da carne de frangos de corte. **Essentia**, v. 17, n. 2, p. 64-86, 2016.
- AOAC - Association of Official Analytical Chemistry. **Official methods of analysis**. Washington, D.C: AOAC, 2000. 1018p.
- APHA - American Public Health Association. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 5.ed. Washington, DC: APHA, 2015, 995p.
- ABPA - Associação Brasileira de Proteína Animal. **Relatório anual 2018**. ABPA, 2018, 176p.
- BAILEY, R. A.; WATSON, K. A.; BILGILI, S. F.; AVENDANO, S. The genetic basis of pectoralis major myopathies in modern broiler chicken lines. **Poultry Science**, v.0, p.1-10, 2015.
- BARBUT, S. Estimates and detection of PSE problem in young turkey breast meat. **Canadian Journal of Animal Science**, v.76, n.3, p.455-457, 1996.
- BISWAS, S.; CHAKRABORTY, A.; SARKAR, S.; BARPUZARI, R. N.; BARPUZARI, T. Effect of incorporation of chicken fat and skin on the quality of chicken sausages. **The Journal of Poultry Science**, v. 44, p. 111-115, 2007.
- BOURNE, M. C. **Food texture and viscosity: Concept and Measurement**. 2 ed. Geneva: Academic Press, 2002. 415p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria no 210, de 10 de novembro de 1998. Aprova o regulamento técnico da inspeção tecnológico e higiênico-sanitária de carne de aves. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 1998.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Hambúrguer. Instrução Normativa nº 20, de 31/07/2000. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 31/07/2000, p.7-9.
- BRASIL. Presidência da República. **Decreto Federal nº 9.013 de 29 de março de 2017**. Dispõe sobre o regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. **Diário Oficial da União**, Brasília, 29 mar. 2017. Seção III. Subseção VI.

CAMPO, M. M.; NUTE, G. R.; HUGHES, S. I.; ENSER, M.; WOOD, J. D.; RICHARDSON, R. I. Flavour perception of oxidation in beef. **Meat Science**, v. 72, n. 2, p. 303–311, 2006.

CARVALHO, H. H.; JONG, E.V.; BELLÓ, R.M.; SOUZA, R.B.; TERRA, M.F. **Alimentos: métodos físicos e químicos de análise**. Porto Alegre: Ed. Universidade. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2002, 180 p.

CENTENARO, G. S.; FURLAN, V. J. M.; SOUZA-SOARES, L. A. Gordura de frango: alternativas tecnológicas e nutricionais. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 29, n.3, p. 619-630, 2008.

CHATTERJEE, D.; ZHUANG, H.; BOWKER, B. C.; RINCON, A. M.; SANCHEZ BRAMBILA, G. Instrumental texture characteristics of broiler pectoralis major with the wooden breast condition. **Poultry Science**, v. 95, p. 2449–2454, 2016.

CHIU, M. C.; GIOIELLI, L. A. Conteúdo de gordura sólida da gordura abdominal de frango, de suas estearinas e de suas misturas binárias com toucinho. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 22, n. 2, p. 151-157, 2002.

CIE. **Comission Internationale de L'éclairage**. Technical Report. Viena, Austria: CIE v.15, n.2, 2004.

COUTEAUDIER, M.; DENESVRE, C. Marek's disease virus and skin interactions. **Veterinary research**, v. 45, p. 36, 2014.

CREWS, J. 2016. **Sanderson addresses woody breast challenges**. Disponível em: <<http://www.meatpoultry.com/>>. Acesso em: 08 mar. 2018.

DALZIEL, C.J.; KLIEM, K.E.; GIVENS, D.I. Fat and fatty acid composition of cooked meat from UK retail chickens labelled as from organic and non-organic production systems, **Food Chemistry**, v. 179, p.103-108, 2015.

DESCALZO, A. M.; INSANI, E. M.; BIOLATTO, A.; SANCHO, A. M.; GARCIA, P. T.; PENSEL, N. A. Influence of pasture or grain-based diets supplemented with vitamin E on antioxidant/oxidative balance of Argentine beef. **Meat Science**, v. 70, p. 35-44, 2005.

EL-MAGOLI, S.; LAROIA, S.; HANSEN, P. Flavor and texture characteristics of low fat ground beef patties formulated with whey protein concentrate. **Meat Science**, v. 42, n. 2, p. 179-193, 1996.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Panorama da avicultura em 2017. **Anuário da avicultura industrial**, 2018, n. 11, ano 109, ed. 1272, 2017.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira. 212 p. Brasília, DF: EMBRAPA, 2018.

ESKIN, N. A. M.; SHAHIDI, F. **Bioquímica de alimentos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

ESTÉVEZ, M. et al. Analysis of Volatiles in Meat from Iberian Pigs and Lean Pigs after Refrigeration and Cooking by Using SPME-GC-MS. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, n. 11, p. 3429–3435, 17 abr. 2003.

ESTÉVEZ, M.; KYLLI, P.; PUOLANNE, E.; KIVIKARI, R.; HEINONEN, M. Fluorescence spectroscopy as a novel approach for the assessment of myofibrillar protein oxidation in oil-in-water emulsions. **Meat science**, v. 80, n. 4, p. 1290–1296, 2008.

ESTÉVEZ, M.; MORCUENDE, D.; VENTANAS, S. Determination of Oxidation. In: **Handbook of Processed Meats and Poultry Analysis**. [s.l: s.n.]. p. 141–163, 2008.

ESTÉVEZ, M.; LUNA, C. Dietary protein oxidation: A silent threat to human health: Critical Reviews. **Food Science and Nutrition**. 2016. <http://dx.doi.org/10.1080/10408398.2016.1165182>.

FARIA, M. O.; CIPRIANO, T. M.; CRUZ, A. G. SANTOS, B. A.; POLLONIO, M. A. R.; CAMPAGNOL, P. C. B. Properties of bologna-type sausages with pork back-fat replaced with pork skin and amorphous cellulose. **Meat Science**, v. 104, p. 44-51, 2015.

FARIA, E. V.; YOTSUYANAGI, K. **Técnicas de Análise Sensorial**. Campinas: ITAL/LAFISE, 2002. 116 p.

FERREIRA, V. C. S. **Oxidação lipídica e proteica de um produto emulsionado tipo hambúrguer de frango**. 143p. Tese de doutorado – Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal da Paraíba, 2016.

FERREIRA, V. C. S.; MORCUENDE, D.; MADRUGA, M. S.; SILVA, F. A. P.; ESTÉVEZ, M. Role of protein oxidation in the nutritional loss and texture changes in ready-to-eat chicken patties. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 53, n. 6, p. 1518-1526, 2018.

FOLCH, J.; LEES, M; SLOANE STANLEY, G.H. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. **Journal of Biological Chemistry**, v. 226, n.1, p. 497-509, 1957.

FRANCO, A. S. M. A avicultura no Brasil. **Análise conjuntural**, v. 39, n. 1, 2017.

GAYA, L. G.; MOURÃO, G. B.; FERRAZ, J. B. S. Aspectos genético-quantitativos de características de desempenho, carcaça e composição corporal em frangos. **Ciência Rural**, v.2, n.32, p.709-716, 2006.

GERONIMO, B. C. **Identificação e classificação de *wooden breast* em frangos de corte por métodos não destrutivos**. 2017. 79p. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual de Londrina, Paraná.

GRANGER C.; BAREY, P.; VESCHAMBRE, P.; CANSSELL, M. Physicochemical behavior of oil-in-water emulsions: influence of milk protein mixtures, glycerol ester mixtures and fat characteristics. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v, 42, p. 235-243, 2005.

GUYON, C.; MEYNIER, A.; LAMBALLERIE, M. Protein and lipid oxidation in meat: A review with emphasis on high pressure treatments. **Trends in Food Science & Technology**, v.50, p.131-143, 2016.

HAGEN, S. R.; FROST, B.; AUGUSTIN, J. Pre column phenylisothiocyanate derivatization and liquid chromatography of amino acids in food. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists**, v. 72, n. 6, p. 912-916, 1989.

HARTMAN, L.; LAGO, B.C. Rapid preparation of fatty methyl esters from lipids, **Laboratory Practice**, v. 22, p. 475-477, 1973.

HE, S.; FRANCO, C.; ZHANG, W. Functions, applications and production of protein hydrolysates from fish processing co-products (FPCP). **Food Research International**, v. 50, p. 289-297, 2013.

IUPAC. **Determination of the p-anisidine value (P-Av) standard Methods for the analysis of oils, fats and derivatives**. Oxford, UK: Blackwell Scientific Publications. 1987.

IUPAC. **Evidence of purity and deterioration from ultraviolet spectrophotometry standard methods for the analysis of oils, fats and derivatives**. 7 ed. Oxford, UK: Pergamon Press, 1992.

JIANG, J.; XIONG, Y. L. Role of interfacial protein membrane in oxidative stability of vegetable oil substitution emulsions applicable to nutritionally modified sausage. **Meat Science**, v. 109, p. 56-65, 2015.

JOINER, K.S.; HAMLIN, G.A.; LIEN, A.R; BILGILI, S.F. Evaluation of capillary and myofiber density in the pectoralis major muscles of rapidly growing, high-yield broiler chickens during increased heat stress. **Avian Diseases**, v. 58, n.3, p. 377-382, 2014.

KUBOW, S. Routes of formation and toxic consequences of lipid oxidation products in foods. **Free Radical Biology and Medicine**, v.12, n.1, p.63-81, 1992.

KUTTAPPAN, V. A.; SHIVAPRASAD, H. I.; SHAW, D. P.; VALENTINE, B. A.; HARGIS, B. M.; CLARK, F. D.; MCKEE, S. R.; OWENS, C. M. Pathological changes associated with white striping in broiler breast muscles. **Poultry Science**, v.92, p.331-338, 2013a.

KUTTAPPAN, A.; HARGIS, B. M.; OWENS, M. White striping and woody breast myopathies in the modern poultry industry: a review. **Poultry Science**, v. 95, p. 2724–2733, 2016.

LUND, M. N., HEINONEN, M., BARON, C. P., ESTÉVEZ, M. Protein oxidation in muscle foods: a review. **Molecular Nutrition & Food Research**, v.55, p.83-95, 2011.

MADRUGA, M. S.; ROCHA, T. C.; CARVALHO, L. M.; SOUSA, A. M. B. L.; SOUSA NETO, A. C.; COUTINHO, D. G.; FERREIRA, A. S. C.; SOARES, A. J.; GALVÃO, M. S.; IDA, E. I.; ESTÉVEZ, M. The impaired quality of chicken affected by the wooden breast myopathy is counteracted in emulsion-type sausages. **Journal of Food Science and Technology**, <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03612-0>, 2019.

MARIUTTI, L. R. B.; BRAGAGNOLO, N. Influence of salt on lipid oxidation in meat and seafood products: A review. **Food Research International**, v. 94, p. 90-100, 2017.

MAZZONI, M.; PETRACCI, M.; MELUZZI, A.; CAVANI, C.; CLAVENZANI, P.; SIRRI, F. Relationship between pectoralis major muscle histology and quality traits of chicken meat. **Poultry Science**, v. 94, n.1, p. 123– 130, 2015.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. **Sensory Evaluation Techniques**. 2 ed. CRC Press: Florida, 1999.

MUDALAL S.; LORENZI, M.; SOGLIA, F.; CAVANI, C.; PETRACCI, M. Implications of White striping and Wooden breast abnormalities on quality traits of raw and marinated chicken meat. **Animal**. v. 9, n. 4, p.728-734, 2015.

MUTRYN, M. F.; BRANNICK, E. M.; FU, W.; LEE, W. R.; ABASHT, B. Characterization of a novel chicken muscle disorder through differential gene expression and pathway analysis using RNA-sequencing. **BMC Genomics**, v.16, n.1, p. 399, 2015.

National Chicken Council. U.S. Broiler Performance Statistics, 2015. Disponível em: <<http://www.nationalchickencouncil.org/about-the-industry/statistics/u-s-broiler-performance/>>. Acesso em: 17 maio de 2018.

FAO – Food and Agriculture Organization. OECD-FAO agricultural outlook: 2014-2023. Organization for Economic CoOperation and Development (OECD) and The Food and Agriculture Organization (FAO) of The United Nations, 2016. Disponível em: <<http://www.oecdilibrary.org/docserver/download/5115021e.pdf?expires=1452201525&id=id&accname=guest&checksum=630819201B7159FB01EA1ACA96B50081>>. Acesso em: 22 de abril de 2018.

OLIVER, C. N.; AHN, B. W.; MOERMAN, E.J.; GOLDSTEIN, S.; STADTMAN, E. R. Age-related changes in oxidized proteins. **Journal of Biological Chemistry**, v. 262, n. 12, p. 5488-5491, 1987.

ONUH, J.O.; GIRGIH, A.T.; ALUKO, R.E.; ALIANI, M. In vitro antioxidant properties of chicken skin enzymatic protein hydrolysates and membrane fractions. **Food Chemistry**, v. 150, p. 366-373, 2014.

PATRICIO, I. S.; MENDES, A. A.; RAMOS, A. A.; PEREIRA, D. Overview on the performance of Brazilian broilers (1990 to 2009). **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 14, n. 4, p. 233-238, dez. 2012.

PETRACCI, M.; MUDALAL, S.; SOGLIA, F.; CAVANI, C. Meat quality in fast-growing broiler chickens. **World's Poultry Science Journal**, v. 71, n. 2, p. 363-374, 2015.

PETRACCI, M.; SOGLIA, F.; MADRUGA, M.; CARVALHO, L.; IDA, E.; ESTÉVEZ, M. Wooden-Breast, White Striping, and Spaghetti Meat: Causes, Consequences and Consumer Perception of Emerging Broiler Meat Abnormalities. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, [https://doi: 10.1111/1541-4337.12431](https://doi.org/10.1111/1541-4337.12431), 2019.

PIÑERO, M. P.; PARRA, K.; HUERTA-LEIDENZ, N.; MORENO, L. A.; FERRER, M.; ARAUJO, S.; BARBOZA, Y. Effect of oat's soluble fibre (β -glucan) as a fat replacer on physical, chemical, microbiological and sensory properties of low-fat beef patties. **Meat Science**, v. 80, n. 3, p. 675-680, 2008.

QIN, N. **The utilization of poultry breast muscle of different quality classes**, 2013. 72p Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Universidade de Helsínquia, Finlândia.

ROCHA, T. C. D. Qualidade de linguças frescal de frango produzidas com peito amadeirado. 2018. 113 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal da Paraíba, Paraíba.

RODRIGUES, K. F.; FRAGA, A. C.; NETO, P. C.; MACIEL, J. A. S.; LOPES, O. C. Potencialidade da gordura de frango para a produção de biodiesel. Biodiesel: o novo combustível do Brasil. In: **Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia Do Biodiesel**, 1., 2005, Brasília. Anais. Brasília: ABIPTI, 2005. p. 129-132.

RODRIGUES, W. O. P.; GARCIA, R. G.; NAAS, I. A.; ROSA, C. O.; CALDARELLI, C. E. Evolução da avicultura de corte no Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 18, p. 1666-1684, 2014.

ROMANS, J. R., COSTELLO, W. J., CARLSON, W. C., GREASER, M. L., JONES, K.W. **The meat we eat**. 14.ed. Interstate Printers and Publishers, Inc., Danville, IL. 2000.

ROQUE, V. F.; SELL, I. Alternativas de utilização de resíduos gerados em frigoríficos de aves. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção. **Anais eletrônicos do ENEGEP**. 6p. 1998.

ROSMINI, M.R.; PERLO, F.; PÉREZ-ALVARES, A.; PAGÁN-MORENO, M.J.; GAGO-GAGO, A.; LÓPEZ-SANTOVEÑA; ARANDA-CATALÁ, V. TBA test by na extractive method applied to 'paté'. **Meat Science**, v.42, n.1, p.103-110, 1996.

RYSMAN, T.; JONGBERG, S.; VAN ROYEN, G.; VAN WEYENBERG, S.; DE SMET, S.; LUND, M. Protein thiols undergo reversible and irreversible oxidation during chill storage of ground beef as detected by 4,4' -dithiodipyridine. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 62, p. 12008–12014, 2014.

SAHRAEI, M. Feed Restriction in Broiler Chickens Production: A Review. **Global Veterinaria**, v. 8, p. 449-458, 2012.

SAMPAIO, G. R. et al. Effect of natural antioxidant combinations on lipid oxidation in cooked chicken meat during refrigerated storage. **Food Chemistry**, v. 135, n. 3, p. 1383-1390, 2012.

SANCHEZ BRAMBILA, S. G.; CHATTERJEE, D.; BOWKER, B.; ZHUANG, H. Descriptive texture analyses of cooked patties made of chicken breast with the woody breast condition. **Poultry Science**, v.96, n.9, p.3489-3494, 2017a.

SANCHEZ BRAMBILA, G.; BOWKER, B. C.; CHATTERJEE, D.; ZHUANG, H. Descriptive texture analyses of broiler breast fillets with the wooden condition stored at 4°C and -20 °C. **Poultry Science**. in press, 2017b.

SAN MARTIN D.; RAMOS, S.; ZUFÍA J. Valorization of food waste to produce new raw materials for animal feed. **Food Chemistry**, v. 198, p. 68–74, 2015.

SIHVO, H. K.; IMMONEN, K.; PUOLANNE E. Myodegeneration with fibrosis and regeneration in the pectoralis major muscle of broilers. **Veterinary Pathology**, v.51, p. 619-623, 2014.

SILVA, F. A. M.; BORGES, M. F. M.; FERREIRA, M. A. Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. **Química Nova**, v. 22, n. 1, p. 94-103. 1999.

SILVA, L. M. Determinação da estabilidade de óleos e de compostos com actividade anti-aterosclerótica do azeite durante o processamento de alimentos. 2008, 144p. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade do Porto, Portugal.

SOGLIA, F.; MUDALAL, S.; BABINI, E.; DI NUNZIO, M.; MAZZONI, M.; SIRRI, F.; CAVANI, C.; PETRACCI, M. Histology, composition, and quality traits of chicken *Pectoralis major* muscle affected by wooden breast abnormality. **Poultry Science**, v. 95, p. 651–659, 2015.

SOGLIA, F.; LAGHI, L.; CANONICO, L.; CAVANI, C.; PETRACCI, M. Functional property issues in broiler breast meat related to emerging muscle abnormalities. **Food Research International**, v. 89, p. 1071–1076, 2016.

SOLADOYE, O. P.; JUAREZ, M. L.; AALHUS, J. L.; SHAND, P.; ESTEVEZ, M. Protein oxidation in processed meat: mechanisms and potential implications on human health. **Food Science and Food Safety**, v. 14, p. 106-122, 2015.

STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory evaluation practices**. 2^a ed. San Diego: Academic Press, 1993.

TAVARES, C. A. T. **Valorização de peles de aves**. 2016. 77 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Segurança Alimentar) – Universidade Nova de Lisboa, Caparica, 2016.

TROCINO, A.; PICCIRILLO, A.; BIROLO, M.; RADAELLI, G.; BERTOTTO, D.; FILIOU, E.; PETRACCI, M.; XICCATO, G. Effect of genotype, gender and feed restriction on growth, meat quality and the occurrence of white striping and wooden breast in broiler chickens. **Poultry Science**, v. 94, n. 12, p. 2996–3004, 2015.

ULBRICHT, T. L. V.; SOUTHGATE, D. A. T. Coronary heart disease: Seven dietary factors. **The Lancet**, v. 338, p. 985–992, 1991.

UNEP, United Nations Environmental Program. **Assessment of Environmental “Hot Spots” in Iraq**. 166p., 2005.

UTRERA, M.; ESTÉVEZ, M. Analysis of tryptophan oxidation by fluorescence spectroscopy: effect of metal-catalyzed oxidation and selected phenolic compounds. **Food Chemistry**, v. 135, n.1, p. 88-93, 2012.

UTRERA, M.; RODRÍGUEZ-CARPENA, J. G.; MORCUENDE, D.; ESTÉVEZ, M. Formation of lysine-derived oxidation products and loss of tryptophan during processing of porcine patties with added avocado byproducts. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, n. 15, p. 3917–3926, 2012.

VELLEMAN, S. G. Relationship of skeletal muscle development and growth to breast muscle myopathies: a review. **Avian Diseases**, v.59, p.525–531, 2015.

VOLDEN, J.; BJELANOVIC, M.; VOGT, G.; SLINDE, E.; SKAUGEN, M.; NORDVI, B.; BJØRG, E. Oxidation progress in an emulsion made from metmyoglobin and different triacylglycerols. **Food Chemistry**, v.128, p. 854-863, 2011.

WHEELER, T.L.; SHACKELFORD, S.D.; JOHNSON, L.P.; MILLER, M.F.; MILLER, R.K.; KOOHMARAIE, M. A comparison of Warner-Bratzler shear force assessment within and among institutions. **Journal of Animal Science**, v.75, p.2423-2432, 1997.

ZEN, S.; IGUMA, M. D.; ORTELAN, C. B.; DOS SANTOS, V. H. S.; FELLI, C. Evolução da avicultura no Brasil. Boletim Informativo do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada, ano 1, edição 1, p. 4, 2014.

4 RESULTADOS

Em atendimento às normas estabelecidas pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da UFPB (Norma Complementar n° 03/2011), os resultados obtidos nos experimentos foram apresentados na forma de artigos.

ARTIGO I: Caracterização de produto emulsionado tipo hambúrguer elaborado a partir do aproveitamento da carne Wooden Breast.

ARTIGO II: Effect of Wooden Breast condition on quality traits of emulsified chicken patties during frozen storage.

ARTIGO III: Oxidação lipídica e proteica de produto emulsionado tipo hambúrguer elaborado a partir do aproveitamento de gordura abdominal e pele de frango.

CARACTERIZAÇÃO DE PRODUTO EMULSIONADO TIPO HAMBÚRGUER ELABORADO A PARTIR DO APROVEITAMENTO DA CARNE WOODEN BREAST

Miriane Moreira Fernandes Santos¹; Darlinne Amanda Soares de Lima¹; Taliana Kênia Bezerra de Alencar²; Marta Suely Madruga²; Fábio Anderson Pereira da Silva²

¹ Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba, Brasil.

² Departamento de Engenharia de Alimentos, Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba, Brasil.

Resumo: O peito amadeirado (Wooden Breast - WB) é uma miopatia que tem influenciado a aceitação de consumidores devido as modificações visuais que ela provoca. O objetivo desse estudo foi elaborar um emulsionado tipo hambúrguer a partir do aproveitamento do peito WB e avaliar suas características físico-químicas e sensoriais. Foram elaboradas três formulações: PN (100% peito normal), PW (100% peito WB) e PNW (50%:50% PN:PW). As amostras foram armazenadas sob congelamento (-18 °C) durante 90 dias. Foram avaliadas a composição química parcial, análises físico-químicas e sensorial. Todos os tratamentos apresentaram-se com teores de proteínas e lipídeos dentro do preconizado pela legislação. A utilização do peito WB influenciou positivamente o rendimento e retenção de água dos emulsionados. A diferença colorimétrica total dos emulsionados não foram perceptíveis a olho nu. Em relação ao parâmetro dureza, a formulação com incorporação do peito WB apresentou menores valores. Todos os tratamentos apresentaram índice de aceitação acima de 70% para todos os atributos avaliados na análise sensorial. Estes resultados demonstram que o aproveitamento do peito WB é viável e eficaz para elaboração de um produto emulsionado tipo hambúrguer com características adequadas e qualidade sensorial.

Palavras-chave: Produtos emulsionados; Miopatia; Aceitação sensorial; Peito amadeirado.

1. Introdução

A denominação peito amadeirado (Wooden Breast - WB) é dada a miopatia que afeta a qualidade de peitos de frango e que já resultou, em conjunto com outras miopatias, em perdas econômicas de cerca de US\$ 200 milhões para a indústria avícola nos Estados Unidos (Kuttappan et al., 2017). No Brasil, em um único abatedouro na região sul do país, as perdas econômicas com o surgimento de miopatias alcançaram US\$ 17,962.56 em um período de 3 meses em 2017 (Zanetti et al., 2018).

A miopatia WB acomete o músculo *pectoralis major* desenvolvendo lesões no tecido. O peito WB é descrito como um músculo de consistência dura, cor pálida, pontos de hemorragia, protuberância na cauda e líquido viscoso na superfície, podendo apresentar-se em diferentes níveis de severidade e em conjunto a outras miopatias já conhecidas como a White Striping e Spaghetti Meat (Petracci et al., 2019).

Diante do aumento mundial na demanda por carne de frango, foi necessário a aprimorar a seleção genética afim de melhorar as características de produção dos frangos de corte, bem como sua taxa de crescimento (Petracci, Soglia, & Berri, 2017). Como consequência, aumentou-se o desempenho no crescimento das aves, além da redução pela metade no número de dias de criação para se obter aves com peso ideal para o abate (Tallentire, Leinonen, & Kyriazakis, 2018).

Apesar dos avanços no setor com o aprimoramento genético, a alta taxa de crescimento dos frangos tem demonstrado alterar as características musculares, como diâmetro e comprimento da fibra muscular, além de modificar também o metabolismo das aves (Petracci et al., 2019). De acordo com Petracci et al. (2017), os frangos de corte que passam por modificação genética e alcançam seu peso comercial em curtos períodos de tempo (42 – 48 dias) apresentam fibras do tipo IIB no músculo *pectoralis major*. Diante dessa observação, os pesquisadores levantaram a hipótese de que o crescimento acelerado das aves pode aumentar a susceptibilidade ao desenvolvimento de miopatias como a Wooden Breast.

A ocorrência da miopatia WB tem gerado impactos negativos na aparência da carne, podendo ainda afetar propriedades tecnológicas, nutricionais e, consequentemente, na aceitação do consumidor. Logo, torna-se necessária a busca por alternativas que viabilizem o aproveitamento dos peitos WB. Diferentes pesquisas têm sido realizadas demonstrando o potencial do peito WB na produção de produtos cárneos como linguiça, hambúrguer e nuggets (Madruga et al. 2019; Sanchez-Brambila et al., 2017; Qin, 2013). Portanto, objetivou-se

desenvolver um produto emulsionado tipo hambúrguer elaborado com peito WB e/ou peito normal avaliando-se as características de qualidade físico-química, microbiológica e sensorial.

2. Material e Métodos

2.1 Seleção das matérias-primas

Os peitos e pele de frango foram obtidos da linhagem comercial Cobb, machos e fêmeas, com idade ao abate entre 42 - 48 dias, em abatedouro certificado com Selo de Inspeção Federal (SIF) no Estado da Paraíba, Brasil. Os demais ingredientes utilizados para elaboração dos emulsionados foram adquiridos no mercado local da cidade de João Pessoa, Paraíba, Brasil.

Os frangos foram abatidos de acordo com a legislação brasileira, sendo submetidos a atordoamento por eletronarcose, sangria, escalda, depenagem, evisceração, resfriamento e desossa (Brasil, 1998). A seleção dos peitos (normal e WB) foi realizada manualmente através de palpação do músculo e verificação de sua aparência de acordo com procedimentos descritos por Kuttappan et al. (2013) e Bailey, Watson, Bilgili & Avendano (2015). Após coleta, os peitos e pele foram armazenados a 4 °C por 24 h e congelados a -18°C por 2 dias até elaboração dos emulsionados de frango tipo hambúrguer.

2.2 Processamento dos emulsionados de frango tipo hambúrguer

Três formulações do emulsionado foram elaboradas (Tabela 1): 100% peito normal (PN), 100% peito WB (PW) e 50%:50% peito normal : peito WB (PNW). Inicialmente, os peitos de frango foram moídos em moedor industrial (Ibrasmak, MC 160, São Paulo, Brasil). Posteriormente, acrescentou-se os ingredientes ao cutter (G. Paniz, 90510, Caxias do Sul, Brasil) para formação da emulsão, durante 6 minutos. A temperatura da emulsão foi mantida abaixo de 12 °C com adição de água gelada. Em seguida, a massa cárnea (100 g) foi moldada (10 cm de diâmetro) e embalada em filme de polietileno de baixa densidade. Por fim, 20 amostras por tratamento do emulsionado foram armazenadas sob congelamento a -18 °C por 90 dias.

2.3 Análises químicas e físico-químicas

Umidade, cinzas, proteína (N x 6,25), colágeno e pH foram determinados de acordo com as metodologias descritas pela AOAC (2000). A gordura total foi quantificada através da extração com clorofórmio:metanol (2:1) proposta por Folch, Less & Stanley (1957).

2.4 Avaliação da cor instrumental

A cor instrumental foi determinada através de leituras dos parâmetros L^* (luminosidade), a^* (intensidade de vermelho/verde) e b^* (intensidade de azul/amarelo) em seis diferentes porções do emulsionado utilizando-se um colorímetro digital Minolta (Modelo CR-400, Minolta, Mahwah/New Jersey, USA). Anteriormente às leituras, o equipamento foi calibrado. A diferença colorimétrica (ΔE) total foi calculada utilizando-se a equação $\Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$. O ângulo Hue foi calculado através da equação $\text{Hue} = \arctan(b^*/a^*)$.

2.5 Avaliação do desempenho durante cozimento

Na avaliação do desempenho durante o cozimento do emulsionado tipo hambúrguer determinou-se os seguintes parâmetros: rendimento, redução de diâmetro, encolhimento e retenção de água. Esta avaliação foi realizada de acordo com metodologia adaptada de Piñero et al. (2008), Aleson-Carbonell et al. (2005) e El-Magoli; Laroia e Hansen (1996), respectivamente. Os emulsionados foram submetidos a tratamento térmico em chapa (CKSTGR 3007, Oster, China) previamente aquecida a 175 °C e seu cozimento ocorreu pela transferência de calor por condução, através do contato direto da superfície quente em ambos os lados da amostra por 3 minutos, totalizando 6 minutos, até que a temperatura no centro do produto atingisse 75 °C. Os resultados finais foram expressos em percentual (%).

2.6 Perfil de textura e força de cisalhamento

A determinação do perfil de textura foi realizada utilizando-se texturômetro TA-XT2i (Stable Micro Systems, Surrey, Reino Unido) equipado com probe cilíndrica P/35. Os emulsionados foram assados em chapa conforme descrito no item 2.6 e as amostras obtidas a partir de um cortador cilíndrico (2,5 cm de diâmetro x 1,0 cm de altura). Os parâmetros avaliados foram dureza (N), gomosidade (N), mastigabilidade (N), elasticidade (adimensional), coesividade (adimensional) e a resiliência (adimensional), segundo metodologia proposta por Bourne (2002). Foram utilizadas as seguintes condições: velocidade de pré-teste 2,0 mm/s; velocidade de teste: 2,0 mm/s; velocidade pós-teste: 5,0 mm/s; distância de compressão: 4 mm; força de disparo: 5 g. Para força de cisalhamento, as amostras foram cortadas em formato retangular (2,5 cm de comprimento x 1,0 cm de altura x 1,0 cm de largura) e submetidas a análise através de texturômetro TA-XT2i (Stable Micro Systems, Surrey, Reino Unido) equipado com lâmina tipo Warner Bratzler, operando a uma velocidade de 10 mm/s, profundidade de penetração de 20 mm e força de contato de 5 g. Os dados de TPA e FC foram

analisados através do software Texture Expert for Windows 1.20 (Stable Micro Systems\TE32L\versão 6.1.4.0 Inglaterra).

2.7 Avaliação microbiológica

A análise microbiológica dos emulsionados de frango tipo hambúrguer foi realizada de acordo com metodologias propostas por APHA (2015) para assegurar as condições higiênico-sanitárias. O critério de referência utilizado foi a resolução RDC nº 12, grupo 5, item (f), o qual preconiza contagem de Coliformes a 45 °C/g, *Staphylococcus* coagulase positivo/g, *Clostridium* sulfito redutos e *Salmonella* spp./25 g em produtos cárneos congelados (Brasil, 2001).

2.8 Avaliação sensorial

As amostras foram preparadas como descritas anteriormente no item 2.6. A avaliação sensorial dos emulsionados de frango tipo hambúrguer foi realizada através do recrutamento de 100 julgadores não treinados entre estudantes e funcionários da UFPB, os quais declararam consumir hambúrguer regularmente. O teste de aceitação e intenção de compra foram realizados através de metodologia descrita por Stone & Sidel (1993) e Meilgaard, Civille & Carr (1999). O teste de aceitação avaliou cor, aroma, sabor, textura, aparência e aceitação global usando uma escala hedônica de 9 pontos variando de 1 (desgostei extremamente) e 9 (gostei extremamente). Uma escala hedônica de 5 pontos foi utilizada para o teste de intenção de compra. As avaliações foram individuais em cabine com luz adaptada e as amostras foram aleatoriamente servidas em copos plásticos de 50 mL acompanhadas de água e biscoito sem sal. O índice de aceitação (IA) foi calculado através do cálculo: $AI = (M_a/9) \times 100$ onde M_a é a média do atributo avaliado.

2.9 Análise estatística

Os dados foram analisados através de ANOVA de uma via. Quando houve diferença significativa ($p < 0,05$), o teste de Tukey foi aplicado. Os dados da análise sensorial foram avaliados pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis. Todos os dados foram tratados com auxílio do software SPSS®, versão 23.

3. Resultados e discussão

3.1 Caracterização química e físico-química dos emulsionados de frango tipo hambúrguer

O tipo de peito empregado na elaboração do emulsionado tipo hambúrguer influenciou ($p < 0,05$) na composição química parcial e nos parâmetros físico-químicos avaliados (Tabela 2). Todos os tratamentos exibiram teor proteico superior a 15 g/100 g e lipídico inferior a 23 g/100 g, corroborando com os limites preconizados pela legislação brasileira para hambúrguer (Brasil, 2000).

A respeito da composição química, observou-se diferença para o teor de umidade, proteína e colágeno entre as amostras. Não houve diferença para o teor de cinzas e lipídeos totais entre as formulações avaliadas. Os tratamentos PW e PN apresentaram as maiores concentrações de umidade e os menores teores proteicos em relação ao tratamento PNW. Os emulsionados formulados apenas com peito WB apresentaram os maiores níveis de colágeno dentre as amostras avaliadas, com valores próximos aos reportados por Soglia et al. (2015) em peitos WB, refletindo características já determinadas nos peitos amadeirados. Estes autores sugerem que a redução no teor de proteína em peitos WB é decorrente das alterações no tecido muscular devido as sucessivas degenerações que ocorrem, resultando no acúmulo do tecido conjuntivo em substituição às proteínas miofibrilares.

Para os parâmetros físico-químicos, a incorporação do peito amadeirado na formulação dos emulsionados influenciou os valores de pH (Tabela 2). Os tratamentos PW e PNW apresentaram maior pH em relação a amostra PN. Segundo Mudalal et al. (2015), ainda não é totalmente elucidado o mecanismo que leva ao aumento do pH no peito amadeirado. Contudo, Soglia et al. (2015) atribuem este fato às degenerações miofibrilares que promovem a redução no teor de glicogênio do tecido muscular. Além disso, Dalle Zotte et al. (2017) observaram que peitos WB apresentam maior peso e tamanho quando comparados aos peitos normais, os quais exibem potencial glicolítico reduzido, resultando em pH final mais elevado. Os resultados observados neste experimento para o pH apresentaram comportamento similar ao que foi encontrado por Chatterjee, Zhuang, Bowker, Rincon & Sanchez-Brambila (2016) ao avaliar peitos WB e N.

Em relação a cor dos emulsionados tipo hambúrguer crus, não houve diferença significativa apenas para o parâmetro b^* entre as formulações (Tabela 3). Os tratamentos PW e PNW apresentaram maiores valores de luminosidade (L^*) comparado a amostra PN. Esta característica pode ser atribuída a utilização do peito WB, o qual é caracterizado por apresentar cor pálida (Sihvo et al., 2014). Além disso, as degenerações das fibras musculares promovem

menor volume de proteínas miofibrilares ocasionando maior espaçamento entre os filamentos e gerando uma maior capacidade de dispersão da luz (Feiner, 2006). O tratamento PW apresentou menor valor para o parâmetro a^* , demonstrando comportamento diferente do observado por Chatterjee et al. (2016) em peitos WB. De maneira geral, ainda não foi possível alcançar um consenso em relação a cor instrumental de peitos WB, principalmente devido aos pontos de hemorragia que acabam modificando a superfície da carne (Dalle Zotte et al., 2017; Sanchez-Brambila et al., 2017).

A diferença colorimétrica total (ΔE) não apresentou diferença significativa entre as amostras avaliadas (Tabela 2). Os valores de ΔE entre os tratamentos PN-PW, PN-PNW e PW-PNW foram inferiores a 1,5 e, de acordo com Cruz-Romero, Kelly & Kerry (2007), amostras com ΔE entre 0,5-1,5 apresentam pouca diferença na cor, a qual não é visualmente perceptível.

Em relação ao desempenho durante a cocção dos emulsionados (Tabela 2), a utilização do peito amadeirado influenciou positivamente o rendimento e retenção de água. O maior rendimento e retenção de água foi observado nos tratamentos com o peito WB (PW e PNW). Esse resultado confirma que as características da matéria-prima podem ser modificadas através de métodos de processamento, pois os peitos amadeirados apresentam baixa capacidade de retenção de água (Mudalal et al., 2015).

Ainda não há estudos na literatura avaliando o desempenho durante a cocção de hambúrgueres elaborados com peito amadeirado. Todavia, este desempenho está relacionado principalmente com a desnaturação proteica provocada pela aplicação de calor causando perda de água e gordura, ingredientes que afetam diretamente o encolhimento, redução de diâmetro e retenção de água. Além disso, o desempenho na cocção pode variar de acordo com o método de cocção empregado, uma vez que este é um dos fatores responsáveis pelas alterações químicas e físicas que podem modificar as propriedades do produto (Rosa et al., 2006).

Sobre o perfil de textura dos produtos (Tabela 2), não houve diferença entre as formulações, exceto para o parâmetro coesividade. O comportamento observado para dureza, gomosidade e mastigabilidade foi semelhante, onde os maiores valores foram atribuídos para a formulação PN, seguido de PW e PNW, indicando que o tratamento PN necessita de maior força para que o produto seja desintegrado na mastigação até atingir o ponto de ser engolido (Bourne, 2002). Estes resultados são importantes, pois demonstram que, apesar do peito WB ser caracterizado por apresentar dureza excessiva, após moído e emulsionado, tem suas características modificadas. Comportamento semelhante também foi observado por Sanchez-Brambila et al. (2017) ao avaliar o perfil de textura de hambúrgueres elaborados com peito normal e WB. Os autores não notaram diferença significativa entre os tratamentos para o

parâmetro dureza e afirmam que o aspecto negativo da textura do peito WB é minimizado em produtos cárneos elaborados com a carne moída.

3.2 Caracterização microbiológica e sensorial dos emulsionados de frango tipo hambúrguer

Para todas as amostras de emulsionado tipo hambúrguer, as contagens de *Salmonella* sp., coliformes (45 °C), *Staphylococcus* coagulase positiva e *Clostridium* sulfito redutor apresentaram-se abaixo dos níveis máximos permitidos pela legislação brasileira (Brasil, 2001). Este resultado indica que as amostras se encontravam seguras para consumo, tornando possível a avaliação sensorial do produto.

Os parâmetros sensoriais avaliados pelos julgadores não treinados no teste de aceitabilidade não apresentaram diferença significativa ($p>0,05$) entre as amostras (Figura 1), indicando que os julgadores não perceberam diferença entre os emulsionados formulados com peito normal e amadeirado. O índice de aceitação foi superior a 70% para todos os atributos avaliados nas três formulações, ou seja, para todos os tratamentos, os atributos avaliados foram bem aceitos entre os julgadores, ficando estes valores na escala entre o “gostei ligeiramente” (6) e o “gostei muito” (8). Resultados semelhantes foram observados por Madruga et al. (2019) em linguiça frescal de frango elaborada com peito WB, onde todos os tratamentos também apresentaram IA superior a 70%. Estes resultados são importantes pois indicam que é possível incorporar a carne proveniente de peitos amadeirados na formulação de emulsionados tipo hambúrguer sem que haja alteração sensorial perceptível. A ausência de diferenças significativas entre as amostras processadas com peito normal e amadeirado pode ser atribuída aos processos tecnológicos empregados na elaboração do produto, tais como moagem e emulsificação, que alteram a estrutura da matéria prima e padronizam as características do produto final (Qin, 2013).

A intenção de compra dos emulsionados também não apresentou diferença entre os tratamentos ($p>0,05$). A nota média obtida para os tratamentos PN, PW e PNW foi 4,07, 4,04 e 3,95, respectivamente, concentrando-se na escala “provavelmente compraria” (4) e sugerindo que caso as indústrias processadoras utilizem os peitos WB para elaboração de hambúrgueres, potenciais consumidores comprariam da mesma maneira que compram aqueles elaborados com peito considerado normal. Estes resultados corroboram com os dados obtidos por Qin (2013) ao realizar o teste de aceitabilidade em nuggets elaborados com peitos WB e N.

4. Conclusão

O peito WB apresenta potencial tecnológico para elaboração de um produto emulsionado tipo hambúrguer. Diante dos resultados apresentados, pode-se considerar as condições demonstradas na pesquisa uma alternativa eficaz de aproveitamento e redução de perdas econômicas para a indústria avícola, pois o processamento garante o desempenho e características do produto final, incluindo sua qualidade sensorial sem causar efeitos adversos.

Agradecimentos

Os autores da pesquisa agradecem a empresa Guaraves Guarabira Aves Ltda pela doação do material de estudo. Agradecem também ao CNPq pela bolsa concedida aos discentes MMFS, DASL e pelo suporte através do projeto 430832/2016-8. Por fim, os autores declaram que o presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Referências

- Aleson-Carbonell, L., Fernández-López, J., Pérez-Alvarez, T. J. A., & Kuri, V. (2005). Characteristics of beef burger as influenced by various types of lemon albedo. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 6(2), 247-255.
- AOAC. (2000). *Official methods of analysis of AOAC international*. Association of Official Analysis Chemists International. Washington, D.C: AOAC, 1018p.
- APHA. (2015). *Compendium of methods for the microbiological examination of foods*. American Public Health Association. (5th ed.). Washington, DC: APHA, 995p.
- Bailey, R. A., Watson, K. A., Bilgili, S. F., & Avendano, S. (2015). The genetic basis of pectoralis major myopathies in modern broiler chicken lines. *Poultry Science*, 94(12), 2870–2879.
- Bourne, M. C. (2002). *Food texture and viscosity: Concept and Measurement*. (2th ed.). Geneva: Academic Press, 415p.

- Brasil. (1998). *Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria no 210, de 10 de novembro de 1998. Aprova o regulamento técnico da inspeção tecnológico e higiênico-sanitária de carne de aves*. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF.
- Brasil. (2000). *Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Hambúrguer. Instrução Normativa nº 20, de 31/07/2000* (p. 7-9). Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF.
- Brasil. (2001). *Agência Nacional De Vigilância Sanitária. Resolução RDC no 12, de 02 de janeiro de 2001. Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos*. Brasília, DF: Diário Oficial da República Federativa do Brasil.
- Chatterjee, D., Zhuang, H., Bowker, B. C., Rincon, A. M., & Sanchez-Brambila, G. (2016). Instrumental texture characteristics of broiler pectoralis major with the wooden breast condition. *Poultry Science*, 95(10), 2449–2454.
- Cruz-Romero, M., Kelly, A. L., & Kerry, J. P. (2007). Effects of high-pressure and heat treatments on physical and biochemical characteristics of oysters (*Crassostrea gigas*). *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 8(1), 30–38.
- Dalle Zotte, A., Tasoniero, G., Puolanne, E., Remignon, H., Cecchinato, M., Catelli, E., & Cullere, M. (2017). Effect of “Wooden Breast” Appearance on Poultry Meat Quality, Histological Traits, and Lesions Characterization. *Animal Science*, 62(2), 51–57.
- El-Magoli, S. B., Laroia, S., & Hansen, P. M. T. (1996). Flavor and texture characteristics of low fat ground beef patties formulated with whey protein concentrate. *Meat Science*, 42(2), 179–193.
- Feiner, G. (2006). *Meat products handbook: practical science and technology*. Inglaterra: Cambridge.

- Folch, J., Lees, M., & Sloane Stanley, G. H. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *The Journal of Biological Chemistry*, 226(1), 497-509.
- Kuttappan, V. A., Bottje, W., Ramnathan, R., Hartson, S. D., Coon, C. N., Kong, B. W., Owens, C. M., Vazquez-Añon, M., & Hargis, M. (2017). Proteomic analysis reveals changes in carbohydrate and protein metabolism associated with broiler breast myopathy. *Poultry Science*, 96(8), 2992–2999.
- Kuttappan, V. A., Shivaprasad, H. I., Shaw, D. P., Valentine, B. A., Hargis, B. M., Clark, F. D., Mckee, S. R., & Owens, C. M. (2013). Pathological changes associated with white striping in broiler breast muscles. *Poultry Science*, 92(2), 331-338.
- Madruga, M. S., Rocha, T. C., Carvalho, L. M., Sousa, A. M. B. L., Sousa Neto, A. C., Coutinho, D. G. Ferreira, A. S. C., Soares, A. J., Galvão, M. S., Ida, E. I., & Estévez, M. (2019). The impaired quality of chicken affected by the wooden breast myopathy is counteracted in emulsion-type sausages. *Journal of Food Science and Technology*, <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03612-0>.
- Meilgaard, M., Civille, G.V., & Carr, B.T. (1999). *Sensory Evaluation Techniques*. (2th ed.). CRC Press: Florida.
- Mudalal, S., Lorenzi, M., Soglia, F., Cavani, C., & Petracci, M. (2015). Implications of white striping and wooden breast abnormalities on quality traits of raw and marinated chicken meat. *Animal*, 9(4), 728–734.
- Petracci, M., Soglia, F., & Berri, C. (2017). Muscle metabolism and meat quality abnormalities. In M. Petracci & C. Berri (Eds.), *Poultry quality evaluation. Quality attributes and consumer values* (pp. 51–75). Duxford, UK:Woodhead Publishing.
- Petracci, M., Soglia, F., Madruga, M., Carvalho, L., Ida, E., & Estévez, M. (2019). Wooden-Breast, White Striping, and Spaghetti Meat: Causes, Consequences and Consumer

- Perception of Emerging Broiler Meat Abnormalities. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, [https://doi: 10.1111/1541-4337.12431](https://doi.org/10.1111/1541-4337.12431).
- Piñero, M. P., Parra, K., Huerta-Leidenz, N., Arenas de Moreno, L., Ferrer, M., Araujo, S., & Barboza, Y. (2008). Effect of oat's soluble fibre (β -glucan) as a fat replacer on physical, chemical, microbiological and sensory properties of low-fat beef patties. *Meat Science*, 80(3), 675–680.
- Qin, N. *The utilization of poultry breast muscle of different quality classes*, 2013. 72p. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Universidade de Helsínquia, Finlândia.
- Rosa, F. C., Bressan, M. C., Bertechini, A. G., Fassani, E. J., Vieira, J. O., Faria, P. B., & Savian, T. V. (2006). Efeito de métodos de cocção sobre a composição química e colesterol em peito e coxa de frangos de corte. *Ciência e Agrotecnologia*, 30(4), 707-714.
- Sanchez-Brambila, S. G., Chatterjee, D., Bowker, B., Zhuang, H. (2017). Descriptive texture analyses of cooked patties made of chicken breast with the woody breast condition. *Poultry Science*, 96(9), 3489-3494.
- Sihvo, H.-K., Immonen, K., & Puolanne, E. (2014). Myodegeneration With Fibrosis and Regeneration in the Pectoralis Major Muscle of Broilers. *Veterinary Pathology*, 51(3), 619–623.
- Soglia, F., Mudalal, S., Babini, E., Di Nunzio, M., Mazzoni, M., Sirri, F., Cavani, C., & Petracci, M. (2015). Histology, composition, and quality traits of chicken Pectoralis major muscle affected by wooden breast abnormality. *Poultry Science*, 95(3), 651–659.
- Stone, H., & Sidel, J. L. (1993). *Sensory evaluation practices*. (2th ed.). San Diego: Academic Press.
- Tallentire, C. W., Leinonen, I., & Kyriazakis, I. (2018). Artificial selection for improved energy efficiency is reaching its limits in broiler chickens. *Scientific Reports*, 8(1), 19231-19232.

Zanetti, M. A., Tedesco, D. C., Schneider, T., Teixeira, S. T. F., Daroit, L., Pilotto, F., Dickel, E. L., Santos, S. P., & Santos, L. R. dos. (2018). Economic losses associated with Wooden Breast and White Striping in broilers. *Semina Ciencias Agrarias*, 39(2), 887-892.

FIGURES CAPTIONS

Figure 1. Acceptability test of chicken patties elaborated with N chicken breast, WB chicken and their mixture.

Footnote: PN: only normal meat; PW: only WB meat; PNW: mixture normal meat and WB meat.

Figure 1.

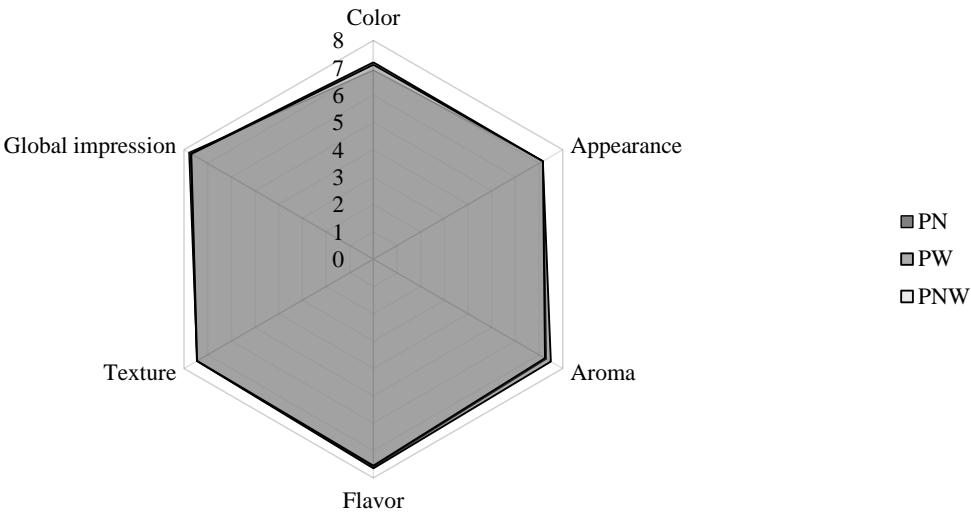


Table 1. Emulsified chicken patties formulations elaborated with N chicken breast, WB chicken and their mixture.

RAW MATERIAL (%)	FORMULATIONS		
	PN	PW	PNW
Normal meat	70,0	-	35,0
Wooden Breast meat	-	70,0	35,0
Chicken skin	15,0	15,0	15,0
Cold water	15,0	15,0	15,0
INGREDIENTS (g/kg)			
Onion dried	40,0	40,0	40,0
Garlic dried	20,0	20,0	20,0
Sodium Chloride	20,0	20,0	20,0
Cumin	10,0	10,0	10,0
Chili dried	1,00	1,00	1,00
Glutamate monosodium	1,00	1,00	1,00

PN: only normal meat; PW: only WB meat; PNW: mixture normal meat and WB meat.

Table 2. Characterization (mean \pm standard deviation) of emulsified chicken patties elaborated with N chicken breast, WB chicken and their mixture.

Parameter	Formulations			p-value
	PN	PW	PNW	
<i>Physico-chemical composition</i>				
Moisture ^A	70,28±1,17 ^a	69,36±0,33 ^a	67,91±0,19 ^b	**
Ash ^A	2,54±0,30	2,48±0,35	2,31±0,40	ns
Protein ^A	16,01±0,26 ^b	15,74±0,21 ^b	16,68±0,24 ^a	***
Lipids ^A	5,76±0,38	6,05±0,79	6,47±0,47	ns
Collagen ^A	0,37±0,01 ^b	0,78±0,06 ^a	0,40±0,00 ^b	***
pH	6,06±0,01 ^b	6,19±0,01 ^a	6,18±0,02 ^a	***
<i>Cooking properties</i> ^B				
Yield	66,05±3,51 ^b	75,59±0,85 ^a	75,82±2,53 ^a	***
Shrinkage	13,77±2,75	13,70±1,75	13,49±2,48	ns
Shortening	16,40±3,67	16,89±1,49	15,41±3,90	ns
Moisture retention	32,40±2,06 ^b	42,87±0,59 ^a	40,16±1,73 ^a	***
<i>Texture profile and shear force</i>				
Hardness ^C	32,16±5,41 ^a	17,91±1,80 ^b	13,35±1,90 ^c	***
Springiness ^D	0,88±0,03 ^b	0,91±0,01 ^a	0,90±0,01 ^{ab}	***
Cohesiviness ^D	0,81±0,01	0,83±0,02	0,83±0,02	ns
Gumminess ^C	25,99±4,64 ^a	14,34±1,25 ^b	10,36±0,72 ^c	***
Chewiness ^C	23,69±4,12 ^a	13,06±1,24 ^b	9,89±1,22 ^c	***
Resilience ^D	0,38±0,01 ^b	0,43±0,03 ^a	0,43±0,02 ^a	**
Shear force ^C	7,11±0,74 ^a	7,56±0,80 ^a	4,89±0,38 ^b	**
<i>Instrumental color</i>				
L*	59,39±0,17 ^b	60,42±0,39 ^a	60,54±0,43 ^a	***
a*	1,59±0,04 ^b	1,42±0,04 ^c	2,19±0,05 ^a	**
b*	19,58±0,35	19,37±0,17	20,01±0,11	ns
ΔE	PN-PW	PN-PNW	PW-PNW	ns
	1,08±0,27	1,04±0,17	1,02±0,04	

PN: only normal meat; PW: only WB meat; PNW: mixture normal meat and WB meat.

^A Data expressed as g/100 g sample.

^B Data expressed as percentage (%).

^C Data expressed as Newton (N).

^D Dimensionless parameters.

ΔE : total colorimetric difference.

*: $p \leq 0,05$; **: $p \leq 0,01$; ***: $p \leq 0,001$; ns: no significant difference.

Effect of Wooden Breast condition on quality traits of emulsified chicken patties during frozen storage

Miriane Moreira Fernandes Santos¹; Darlinne Amanda Soares de Lima¹; Taliana Kênia Alencar Bezerra¹; Mércia de Sousa Galvão¹; Marta Suely Madruga¹; Fábio Anderson Pereira da Silva^{1}*

¹ Post-Graduate Program in Food Science and Technology, Department of Food Engineering, Technology Centre, Federal University of Paraiba, 58051-900, Joao Pessoa, Paraiba, Brazil.

*Corresponding author:

Fábio Silva, E-mail: fabio@ct.ufpb.br

Abstract

Wooden Breast (WB) is a recent abnormality characterized by tougher consistency in raw broiler breast fillets. This myopathy has been associated with negative alterations in chicken meat quality. The aim of this study was to evaluate the influence of WB condition on quality parameters of emulsified chicken patties (ECP) during frozen storage. Three formulations of ECP were processed, namely, PN (100% normal breast), PW (100% WB) and PNW (50%:50% normal:WB). ECP were frozen stored during 90 days and assessed by physicochemical and chemical analysis. Variations in redness were less pronounced in PW along the storage. TBARS were higher in PW and PNW until 30 days of storage compared to PN samples. Incorporation of WB into ECP formulation resulted in reduced peroxide-value, p-anisidine index and carbonyl content at the end of storage. Despite the different alterations in lipid and protein oxidation markers along storage time, results did not influence sensory acceptability, since no effect of wooden breast condition and storage time in odor and color liking was found in our experiment. This study elucidates for the first time that the use of WB meat for the elaboration of ECP is a feasible strategy to minimize economic losses for the poultry industry.

Keywords: Emulsified products; Myopathy; Poultry; Oxidation, Wooden Breast.

1. INTRODUCTION

The demand for chicken meat has increased worldwide due to its excellent nutritional profile, presenting essential amino acids and low fat levels, and low cost compared to other protein sources (Sundekilde, Rasmussen, Young & Bertram, 2017). To meet the growing interest for chicken meat, the poultry industry has adopted measures to accelerate the growth of broiler chickens and the yield of commercially important parts, such as breast fillets (Tijare et al., 2016).

The increase in the growth rate of birds is related to genetic selection, environmental factors and to the diet offered to animals, which influence weight gain and, consequently, the speed with which birds are able to be slaughtered (Dalgaard et al., 2018). However, this practice has been associated with high incidence of anomalies mainly observed in the *Pectoralis Major* muscle (Dalgaard et al., 2018). The causes of myopathies are still not fully understood, but higher incidence of alterations has been observed in birds that present higher body weight, which were submitted to genetic selection for rapid growth (Petracci et al., 2019).

Among myopathies that have drawn considerable attention by the researchers and food technologists, Wooden Breast (WB) stands out, which is characterized by excessive hardness and pale color in the region of the *Pectoralis Major* muscle (Sihvo, Immonen & Puolanne, 2014). This alteration can affect the muscle in different severity levels, being able to present hemorrhage points, light and viscous fluid on the surface and prominent protuberance in the breast tail in the most severe cases (Kuttappan, Hargis & Owens, 2016). Despite macroscopic changes in chicken breast, WB myopathy poses no health risks to consumers (Soglia et al., 2015).

WB abnormality is not yet covered by legislation in several countries, which has caused economic problems for the sector. In the United States, for example, slaughterhouses have retained WB breasts from the processing line for use in restructured products (Crews, 2016). In

Brazil, Decree No. 9.013 of 2017 suggests the partial or complete condemnation of carcasses presenting characteristic myopathy lesions (Brasil, 2017). In the current Brazilian situation, chicken breasts affected with WB anomaly have been discarded, generating economic losses for the productive sector and forcing the poultry industry to seek for alternatives (Zanetti et al., 2018). In a survey carried out in a slaughterhouse certified with Federal Inspection Seal located in the Southern Region of Brazil, Zanetti et al. (2018) estimated that economic losses associated with the incidence of chicken myopathies reached US\$ 17,962.56 over a 3-month period.

Seeking to assist poultry industry in the selection of cost-effective techniques for the use of wooden breast, a very few studies have been developed focusing on the preparation of meat products from WB meat, such as nuggets and sausage (Qin, 2013; Mudalal, Lorenzi, Soglia, Cavani & Petracchi 2014; Madruga et al., 2019). Also in the category of ready-to-eat products, hamburger stands out due to its popularity and acceptance worldwide, as well as to its production versatility, allowing the application of techniques to add value to the final product. Considering the need for researches related to the use of WB breast in the formulation of meat-derived products, the aim of this work was to elaborate emulsified chicken patties with WB fillets, evaluating quality parameters over 90 days of frozen storage.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1 Experimental design

The effect of chicken breast condition (normal vs. WB) and frozen storage time on the chemical, physicochemical and sensory properties of emulsified chicken patties were evaluated in a completely randomized design (CRD) under a factorial 2 x 4. Four experimental units per treatment at each storage time were processed, which were analyzed immediately after processing and at 30, 60 and 90 days of frozen storage.

2.2 Sample selection

Boneless and skinless breast fillets (normal and WB) were obtained from Cobb® birds (males and females) after they were slaughtered at an age of 42-48 days in a commercial slaughterhouse owned by Brazilian government. Broilers were slaughtered, being submitted to electrical stunning, bleeding, scalding, evisceration, chilling and deboning (Brasil, 1998). Breast selection (normal and WB) was manually performed through muscle palpation and verification of the chicken breast cuts appearance according to procedures described by Kutappan et al. (2013) and Bailey, Watson, Bilgili & Avendano (2015). After sample collection, the chicken breasts were stored at 4 °C for 24 h and frozen at -18°C for 2 days until elaboration of emulsified chicken patties.

2.3 Processing of emulsified chicken patties

Three different formulations of emulsified chicken patties were processed (Table 1): 100% normal breast (PN), 100% wooden breast (PW) and 50%:50% normal:wooden breast (PNW). Regarding to the processing of emulsified chicken patties, the breast fillets were ground in an industrial grinder (Ibrasmak, MC 160, São Paulo, Brazil) and emulsified in a cutter (G. Paniz, 90510, Caxias do Sul, Brazil) for 6 minutes with ingredients and additives. Cold water was used to maintain meat emulsion temperature below 12 °C. The batter (100 g) was moulded (10 cm diameter and 1 cm thickness) and wrapped in low-density polyethylene film. Finally, twenty samples per treatment of emulsified chicken patties were frozen stored at -18 °C for 90 days.

2.5 Instrumental color assessment

The instrumental color parameters of emulsified chicken patties were determined by measuring lightness (L^*), redness (a^*) and yellowness (b^*). Color measurement was taken

using a digital colorimeter (Konica Minolta, CR-300, New Jersey, USA), which was previously calibrated using a white tile ($Y=92.84$; $X=0.3136$; $y=0.3201$) provided by the supplier. Ten readings per sample were randomly made on the surface of the emulsified chicken patties using aperture size of 8 mm, illuminant source C at 10° standard observer.

2.7 Texture measurement

Before texture profile analysis (TPA), samples of each treatment were cooked using an electrical grill (CKSTGR 3007, Oster, China) at 175 °C for 6 min (3 min for each side of chicken patty) until an internal end point temperature of 75 °C. Six cylindrical samples (2.5 cm diameter x height of 1.0 cm) were taken from random locations in each treatment with a cylindrical cutter. TPA was carried out using a TA-XT2i Texture Analyzer (Stable Micro Systems, Surrey, United Kingdom) equipped with a cylindrical probe of 3.5 cm diameter (P/35) to compress each sample to 40% of its original height at a cross-head speed of 5 mm/s. Hardness (N), gumminess (N), chewiness (N), springiness (dimensionless), cohesiveness (dimensionless) and resilience (dimensionless) were determined according to Bourne (2002). Nevertheless, only result of hardness are shown.

2.9 Sensory evaluation

Samples were prepared as described earlier in texture assessment. A panel of 70 untrained assessors was selected to evaluate color and aroma acceptability on the samples at each storage point using a 9-point hedonic scale ranging from 1 (extremely disliked) to 9 (extremely liked) (Meilgaard, Civille & Carr, 1999). Color-liking evaluation of cooked chicken patties occurred in individual booths under white fluorescent light and the samples were randomly served on plastic plates. For the aroma test, cooked and ground samples (5 g) were placed in plastic tubes (50 mL) covered with aluminum foil according to Ferreira et al. (2016).

2.10 Lipid oxidation analysis

Peroxide index: was determined according to the method of Carvalho, Jong, Belló, Souza & Terra (2002) in the lipid samples extracted by Folch, Less & Stanley (1957) procedure. Aliquots of 15 mL of lipid extract were dissolved in 22.5 mL of acetic acid and 0.75 mL saturated KI solution. Next, the samples were placed at the dark (1 min) followed by the addition of distilled water (22.5 mL) and a 1% starch solution (3 mL). Samples were then titrated with 0.01 N sodium thiosulfate solution and the results were expressed as milliequivalents (mEq) of active oxygen per kilogram of lipid.

TBARS: were quantified by the 2-thiobarbituric acid (TBA) extraction method according to Rosmini et al. (1996). Results were expressed as mg of malonaldehyde/kg of sample and calculated using a standard curve of 1,1,3,3-tetramethoxypropane (TMP).

p-anisidine index (p-AI): was measured by IUPAC (1987), with some modifications. Lipid samples (0.5 g) extracted by Folch et al. (1957) were dissolved in iso-octane and the absorbance was recorded at 350 nm by a UV-VIS spectrophotometer (A1). Next, 1.0 mL p-anisidine solution (2.5 mg/mL) was added to 5 mL of the mixture (lipid + iso-octane), which was held in dark for 10 min before absorbance reading. Final result was calculated as $p\text{-AI} = 25 \times [1.2 \times (A_2 - A_1)] / m$, where “m” is the mass of extracted lipid from sample.

2.11 Analysis of protein carbonyls

The procedure described by Oliver, Ahn, Moerman, Goldstein & Stadtman (1987) was used to evaluate carbonyl content. Meat samples were derivatized with DNPH solution (0.2% DNPH in 2 N HCl) and the amount of carbonyls was measured at 370 nm and expressed as nmol of carbonyl per mg of protein. Protein concentration was recorded at 280 nm using an albumin standard curve.

2.12 Statistical analysis

A two-way ANOVA was applied to evaluate the effect of chicken breast condition (normal vs. WB) and frozen storage time on the quality parameters of emulsified chicken patties. When significant differences were noted ($p < 0.05$), Tukey's test were carried out. Data from sensory analysis was treated by a non-parametric Kruskal-Wallis test using SPSS® 23 for Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Impact of wooden breast condition and frozen storage on quality traits of emulsified chicken patties

Instrumental color

Changes in L^* , a^* and b^* parameters of emulsified products are shown in Figure 1. There was an influence of storage time and WB condition on the instrumental color characteristics of evaluated samples.

Luminosity (L^*) was lower in PN treatment compared to PW and PNW throughout the storage period (Figure 1A). This result can be attributed to the use of WB fillets, which is characterized by having pale color (Sihvo et al., 2014). In addition, muscle fiber degenerations promote smaller volume of myofibrillar proteins, causing greater spacing between filaments and generating greater light scattering capacity (Feiner, 2006). PN samples displayed no variation in luminosity up to 30 days of storage. However, there was a slight decrease in L^* at 60 days, remaining constant until the end of the storage period (90 days). Starting from 30 days of freezing, accentuated differences in L^* among treatments were observed until the end of storage time. PNW chicken patties displayed the highest L^* values, followed by PW and PN.

At the beginning of the storage period, PW and PNW showed equal L^* values ($p > 0.05$), followed by a sharp increase at 30 days and a small decrease at 60 and 90 days.

PW treatment presented lower redness (a^*) at the beginning of storage (Figure 1B), showing different behavior from that observed by Chatterjee, Zhuang, Bowker, Rincon & Sanchez Brambila (2016) in WB fillets. All samples showed reduction in redness along the storage period. PNW treatment displayed a dramatic decrease (168.95%) in a^* during the 90 days of storage, reaching negative values at 30 days. At the end of the storage period, PN, PW samples presented reduction in the redness of 18.87%, 40.14%, respectively, with PNW showing low red color stability. The reduction of red color intensity may be associated with oxidative processes involving denaturation of the heme group or even the unwanted discoloration caused by cold (Estevez & Cava, 2004). The significant decrease in redness observed in PNW can be explained by the mixture of N and WB fillets in the formulation, since normal and wooden broiler breasts present different color distribution as already demonstrated by Sihvo et al. (2014); Mudalal et al. (2014); Trocino et al. (2015).

Regarding to yellowness (b^*), treatments variations occurred according to the storage period (Figure 1C). No differences in b^* were noted at the beginning of storage for all samples. Between the beginning and the end of the storage time, PN and PW formulations showed reductions in b^* of 5.05% and 0.41% during storage, respectively. A small increase of 0.79% over the 90 days of frozen storage was observed in PNW samples. In general, consensus on the instrumental color of WB breasts has not yet been reached, mainly due to the hemorrhage points that end up by modifying the meat surface (Dalle Zotte et al., 2017; Sanchez-Brambila, Chatterjee, Bowker & Zhuang, 2017).

Texture profile

Figure 2 shows the effect of WB condition and storage time on hardness values. A significant increase in instrumental toughness was noted for all treatments over storage time, where PNW samples were more tenderness (40.91 N) at the end of the storage period compared to PN (129.74 N) and PW (82.65 N) patties. These results are not in line with those obtained by Madruga et al. (2019) in normal and WB broiler. These authors observed that WB require greater force for total disintegration, that is, WB present higher hardness when compared to normal breasts. However, processing can modify meat properties including texture, not being expressed in the same way in the processed product (Chatterjee et al., 2016).

Several factors are capable of influencing the texture profile of a meat product, such as (i) the age of the animal at slaughter, (ii) cooking methods applied, (iii) oxidation reactions or even (iv) reduction in moisture content during storage (Ferreira, Morcuende, Madruga, Silva & Estevez, 2018). In our experiment, birds were slaughtered at suitable age (Brasil, 1998) and the cooking method was the same for all treatments at different times. In addition, moisture content of all samples did not change throughout the storage period (data not shown). Therefore, it's reasonable hypothesize that oxidative reactions may have influenced the texture changes in evaluated samples (Smaoui et al., 2017; Wang et al., 2018). Similar results were observed by Ferreira et al. (2018) when evaluating ready-to-eat chicken patties stored under refrigeration conditions.

Oxidative stability

The effect of frozen storage and WB condition on the lipid oxidation evolution of emulsified chicken patties are described in Figure 3. Lipid oxidation was evaluated by quantification of primary (Figure 3A) and secondary (Figures 3B and 3C) compounds formed during the oxidative reaction.

No significant differences were observed in peroxide index among treatments until sixty days of frozen storage (Figure 3A). At 90 days, PN samples showed the highest levels of peroxide index. Between day 30 and day 60, an increase in peroxide formation was found for all samples, while from day 60 to day 90 samples prepared with WB fillets did not demonstrate significant changes in hydroperoxide content. It was observed that the propagation phase of lipid oxidation, in which hydroperoxide formation occurs, occurred more intensely between days 30 and 60 in all treatments except PN. According to Shahidi (2005), increased hydroperoxide formation may be related not only to the presence of salt in formulations, but also to processing steps, such as emulsification, which may promote modifications in the structure of chicken meat cells, facilitating the reaction. The results observed in our study corroborate those obtained by Cagdas & Kumcuoglu (2014) in chicken nuggets stored under freezing for 5 months. The authors reported that the peroxide limit acceptable by consumers without rancidity perception is 10 mEqO₂/kg. Therefore, in our experiment, all samples presented peroxide index values below rancidity perception levels.

The formation of malondialdehyde (MDA), a secondary product of lipid oxidation, can be seen in Figure 4B. At the end of processing, PN and PW treatments showed no significant differences in TBARS. The chicken patty elaborated with 100% WB exhibited higher ($p < 0.05$) TBARS value in comparison with PN at the first 30 days of frozen storage. At 90 days, PW samples presented the highest MDA values. These results corroborate those observed in WB and N breasts by Soglia et al. (2015), which found almost double TBARS values in WB breast (0.41 mg MDA / kg) in relation to N breast (0.22 mg MDA / kg). The researchers attributed higher TBARS values in WB breasts to the presence of lesions that can damage the porphyrin ring and release iron ions, catalyzing the oxidation reaction. According to Soglia et al. (2015), alterations in the muscle structure of WB fillets promote the exposure of phospholipids, accelerating the development of lipid oxidation. It is noteworthy that the TBARS results

obtained in our experiment did not exceed 2 mg MDA / kg of sample in any of the treatments, which is the value established by literature as the limit for the sensory rancidity detection (Campo et al., 2006).

The level of aldehyde compounds (p-anisidine index) in emulsified chicken patties was higher in normal samples at the first day of storage (Figure 4C). At the same period, there was no modification in p-AI with incorporation of WB fillets on chicken patties formulation until day 30. The evolution of p-AI was similar in all samples, which present a rise in p-AI at day 60 of frozen storage, indicating higher accumulation of aldehydes responsible for the development of unpleasant taste and odor in meat products. At the end of storage period, a dramatic decrease in p-AI was noted in all treatments. In fact, decreased TBARS values were also found in PN and PNW. Cagdas & Kumcuoglu (2014) reported increasing in aldehyde formation of chicken nuggets over 5 months of storage at -18°C, indicating that the period in which lipid oxidation occurs may vary according to the composition of the meat product.

The formation of carbonyl compounds, as a response to protein oxidation, occurred in all treatments over time (Figure 3D). PW and PNW samples exhibited similar content of carbonyl compounds ($p > 0.05$) at the beginning of the storage period, but higher than the normal patties (PN). These results are in accordance with data reported by Soglia et al. (2015) in WB and N breasts. These authors observed higher content of carbonyl compounds in WB when compared to normal breast, suggesting that the increase in the content of protein carbonyls may be ascribed to oxidative processes of lipids (Estevez; Luna, 2016; Estevez, Kylli, Puolanne, Kivikari & Heinonen, 2008). Although beginning the storage period with lower amounts of carbonyls compared to PW and PNW, PN group showed the highest increase in carbonyl levels over 90 days (81.43%), followed by PW (64.06%) and PNW (49.89%). These results reinforcing the fact that the storage period is critical for the quality characteristics of a product with respect to the formation of oxidation compounds.

Emulsified chicken patties were assessed for color-liking and odor-liking during frozen storage (Figures 4A and 4B). Despite the differences observed in oxidative analysis (peroxide, TBARS and p-anisidine), there was no perceptible influence ($p > 0.05$) of WB condition and storage time on the acceptance of color and aroma of processed samples.

Regarding to color-liking, sensory scores ranged from "indifferent" (5) to "moderately liked" (7). The lack of differences in color-liking among samples may be attributed to the reduced results obtained for total colorimetric difference (ΔE) (data not shown), which was lower than 1.5. In fact, according to Cruz-Romero, Kelly & Kerry (2007), samples with ΔE between 0.5 - 1.5 show little difference in color, which is not visually noticeable.

The sensory perception of odor-liking in emulsified chicken patties by panelists ranged from 6 (slightly liked) to 7 (moderately liked), indicating that the oxidation compounds formed in emulsified chicken patties were not present at sufficient levels for the detection by human olfaction. These results are important because they indicate that although there is formation of oxidation products over the storage period, the level is considered low, since potential consumers did not detect modifications in color and aroma of emulsified chicken patties changing meat type over frozen storage for 90 days.

4. CONCLUSIONS

The findings of the present study indicate that wooden breast has potential to be incorporated in the production of emulsified chicken patties, since no considerable change occurs during 90 days of frozen storage. The use of 50%:50% normal:WB fillets seems to be most suitable for the development of emulsified chicken patties. Further studies are required to assess the effect of WB condition on the physicochemical composition and cooking properties of emulsified chicken patties.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to thank Guaraves Guarabira Aves Ltda Company for the donation of the study material. They also would like to thank CNPq for the grant awarded to MMFS, DASL students and support through project 430832 / 2016-8. Finally, the authors declare that the present study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001.

REFERENCES

- Bailey, R. A., Watson, K. A., Bilgili, S. F., & Avendano, S. (2015). The genetic basis of pectoralis major myopathies in modern broiler chicken lines. *Poultry Science*, 94(12), 2870–2879.
- Bourne, M. C. (2002). *Food texture and viscosity: Concept and Measurement*. (2th ed.). Geneva: Academic Press, 415p.
- Brasil. (1998). *Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria no 210, de 10 de novembro de 1998. Aprova o regulamento técnico da inspeção tecnológico e higiênico-sanitária de carne de aves*. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF.
- Brasil. (2017). *Decreto no 9013, de 29 de março de 2017. Dispõe sobre o regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal, que disciplina a fiscalização e a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal*. Brasília, DF: Diário Oficial da União.
- Cagdas, E., & Kumcuoglu, S. (2014). Effect of grape seed powder on oxidative stability of precooked chicken nuggets during frozen storage. *Journal of Food Science and Technology*, 52(5), 2918-2925.
- Campo, M. M., Nute, G. R., Hughes, S. I., Enser, M., Wood, J. D., & Richardson, R. I. (2006). Flavour perception of oxidation in beef. *Meat Science*, 72(2), 303–311.

- Carvalho, H. H., Jong, E. V., Belló, R. M., Souza, R. B., & Terra, M. F. (2002). *Alimentos: métodos físicos e químicos de análise*. Porto Alegre: Ed. Universidade, 180p.
- Chatterjee, D., Zhuang, H., Bowker, B. C., Rincon, A. M., & Sanchez-Brambila, G. (2016). Instrumental texture characteristics of broiler pectoralis major with the wooden breast condition. *Poultry Science*, 95(10), 2449–2454.
- Crews, J. 2016. Sanderson addresses woody breast challenges. Available at: http://www.meatpoultry.com/articles/news_home/Business/2016/08/Sanderson_addresses_woody_brea.aspx?ID=%7B215346A4-7ADF-4548-A6BD-B8EF62E3036C%7D. Accessed 24 January 2019.
- Cruz-Romero, M., Kelly, A. L., & Kerry, J. P. (2007). Effects of high-pressure and heat treatments on physical and biochemical characteristics of oysters (*Crassostrea gigas*). *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 8(1), 30–38.
- Dalgaard, L. B., Rasmussen, M. K., Bertram, H. C., Jensen, J. A., Moller, H. S., Aaslyng, M. D., Hejbol, E. K., Pedersen, J. R., Elsser-Gravesen, D., & Young, J. F. (2018). Classification of wooden breast myopathy in chicken pectoralis major by a standardised method and association with conventional quality assessments. *International Journal of Food Science & Technology*, 53(7), 1744–1752.
- Dalle Zotte, A., Tasoniero, G., Puolanne, E., Remignon, H., Cecchinato, M., Catelli, E., & Cullere, M. (2017). Effect of “Wooden Breast” Appearance on Poultry Meat Quality, Histological Traits, and Lesions Characterization. *Animal Science*, 62(2), 51–57.
- Estévez, M., & Cava, R. (2004). Lipid and protein oxidation, release of iron from heme molecule and colour deterioration during refrigerated storage of liver pâté. *Meat Science*, 68(4), 551–558.
- Estévez, M., Kylli, P., Puolanne, E., Kivikari, R., & Heinonen, M. (2008). Oxidation of Skeletal Muscle Myofibrillar Proteins in Oil-in-Water Emulsions: Interaction with Lipids and Effect

- of Selected Phenolic Compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(22), 10933–10940.
- Estévez, M., & Luna, C. (2016). Dietary protein oxidation: A silent threat to human health?: Critical Reviews. *Food Science and Nutrition*, 57(17), 3781–3793.
- Feiner, G. (2006). *Meat products handbook: practical science and technology*. Inglaterra: Cambridge.
- Ferreira, V. C. S., Morcuende, D., Madruga, M. S., Hernández-López, S. H., Silva, F. A. P., Ventanas, S., & Estévez, M. (2016). Effect of pre-cooking methods on the chemical and sensory deterioration of ready-to-eat chicken patties during chilled storage and microwave reheating. *Journal of Food Science and Technology*, 53(6), 2760–2769.
- Ferreira, V. C. S., Morcuende, D., Madruga, M. S., Silva, F. A. P., & Estévez, M. (2018). Role of protein oxidation in the nutritional loss and texture changes in ready-to-eat chicken patties. *International Journal of Food Science & Technology*, 53(6), 1518–1526.
- Folch, J., Lees, M., & Stanley, G. H. S. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *The Journal of Biological Chemistry*, 226(1), 497-509.
- IUPAC. (1987). *Determination of the p-anisidine value (P-Av) standard Methods for the analysis of oils, fats and derivatives*. International Union of Pure and Applied Chemistry. (6th ed.). Oxford UK: Blackwell Scientific Publications.
- Kuttappan, V. A., Shivaprasad, H. I., Shaw, D. P., Valentine, B. A., Hargis, B. M., Clark, F. D., Mckee, S. R., & Owens, C. M. (2013). Pathological changes associated with white striping in broiler breast muscles. *Poultry Science*, 92(2), 331-338.
- Kuttappan, V. A., Hargis, B. M., & Owens, C. M. (2016). White striping and woody breast myopathies in the modern poultry industry: a review. *Poultry Science*, 95(11), 2724–2733.

- Madruga, M. S., Rocha, T. C., Carvalho, L. M., Sousa, A. M. B. L., Sousa Neto, A. C., Coutinho, D. G. Ferreira, A. S. C., Soares, A. J., Galvão, M. S., Ida, E. I., & Estévez, M. (2019). The impaired quality of chicken affected by the wooden breast myopathy is counteracted in emulsion-type sausages. *Journal of Food Science and Technology*, <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03612-0>.
- Meilgaard, M., Civille, G.V., & Carr, B.T. (1999). *Sensory Evaluation Techniques*. (2th ed.). CRC Press: Florida.
- Mudalal, S., Lorenzi, M., Soglia, F., Cavani, C., & Petracci, M. (2014). Implications of white striping and wooden breast abnormalities on quality traits of raw and marinated chicken meat. *Animal*, 9(4), 728–734.
- Oliver, C. N., Ahn, B. W., Moerman, E.J., Goldstein, S., & Stadtman, E. R. (1987). Age-related changes in oxidized proteins. *Journal of Biological Chemistry*, 262(12), 5488-5491.
- Petracci, M., Soglia, F., Madruga, M., Carvalho, L., Ida, E., & Estévez, M. (2019). Wooden-Breast, White Striping, and Spaghetti Meat: Causes, Consequences and Consumer Perception of Emerging Broiler Meat Abnormalities. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, <https://doi: 10.1111/1541-4337.12431>.
- Qin, N. *The utilization of poultry breast muscle of different quality classes*, 2013. 72p. Master Thesis (Master degree in Food Sciences) - University of Helsinki, Finland.
- Rosmini, M. R., Perlo, F., Pérez-Alvarez, J. A., Pagán-Moreno, M. J., Gago-Gago, A., López-Santoveña, F., & Aranda-Catalá, V. (1996). TBA test by an extractive method applied to “paté.” *Meat Science*, 42(1), 103–110.
- Sahid, F. (2005). Lipid derived flavors in meat products. In J. Kerry, & D. Ledward. *Meat processing, improving quality* (pp. 105–117). North America: CRC Press.

- Sanchez-Brambila, S. G., Chatterjee, D., Bowker, B., Zhuang, H. (2017). Descriptive texture analyses of cooked patties made of chicken breast with the woody breast condition. *Poultry Science*, 96(9), 3489-3494.
- Sihvo, H. K., Immonen, K., & Puolanne, E. (2014). Myodegeneration With Fibrosis and Regeneration in the Pectoralis Major Muscle of Broilers. *Veterinary Pathology*, 51(3), 619–623.
- Smaoui, S., Ennouri, K., Chakchouk-Mtibaa, A., Karray-Rebai, I., Hmidi, M., Bouchaala, K., & Mellouli, L. (2017). Relationships Between Textural Modifications, Lipid and Protein Oxidation and Sensory Attributes of Refrigerated Turkey Meat Sausage Treated with Bacteriocin BacTN635. *Food and Bioprocess Technology*, 10(9), 1655–1667.
- Soglia, F., Mudalal, S., Babini, E., Di Nunzio, M., Mazzoni, M., Sirri, F., Cavani, C., & Petracci, M. (2015). Histology, composition, and quality traits of chicken Pectoralis major muscle affected by wooden breast abnormality. *Poultry Science*, 95(3), 651–659.
- Sundekilde, U. K., Rasmussen, M. K., Young, J. F., & Bertram, H. C. (2017). High resolution magic angle spinning NMR spectroscopy reveals that pectoralis muscle dystrophy in chicken is associated with reduced muscle content of anserine and carnosine. *Food Chemistry*, 217, 151–154.
- Tijare, V. V., Yang, F. L., Kuttappan, V. A., Alvarado, C. Z., Coon, C. N., & Owens, C. M. (2016). Meat quality of broiler breast fillets with white striping and woody breast muscle myopathies. *Poultry Science*, 95(9), 2167–2173.
- Trocino, A., Piccirillo, A., Birolo, M., Radaelli, G., Bertotto, D., Filiou, E., Petracci, E., & Xiccato, G. (2015). Effect of genotype, gender and feed restriction on growth, meat quality and the occurrence of white striping and *wooden breast* in broiler chickens. *Poultry Science*, 94(12), 2996 – 3004.

- Wang, Z., He, Z., Gan, X., & Li, H. (2018). Interrelationship among ferrous myoglobin, lipid and protein oxidations in rabbit meat during refrigerated and superchilled storage. *Meat Science*, 146, 131–139.
- Zanetti, M. A., Tedesco, D. C., Schneider, T., Teixeira, S. T. F., Daroit, L., Pilotto, F., Dickel, E. L., Santos, S. P., & Santos, L. R. dos. (2018). Economic losses associated with Wooden Breast and White Striping in broilers. *Semina Ciencias Agrarias*, 39(2), 887-892.

FIGURES CAPTIONS

Figure 1. Evolution of lightness (A), redness (B) and yellowness (C) of emulsified chicken patties (ECP) elaborated with normal chicken breast, wooden breast and their mixture stored under freezing (-18 °C) during 90 days.

Footnote: PN: ECP processed with 100% normal breast; PW: ECP processed with 100% wooden breast (WB); PNW: ECP processed with 50%:50% normal:WB. Different letters for same storage period denote significant differences ($p < 0.05$) between formulations. *ns* no significant differences ($p > 0.05$). The circle means that there is no significant difference ($p > 0.05$) between the two circulated formulations.

Figure 2. Evolution of hardness (A) of emulsified chicken patties (ECP) elaborated with normal chicken breast, wooden breast and their mixture stored under freezing (-18 °C) during 90 days.

Footnote: PN: ECP processed with 100% normal breast; PW: ECP processed with 100% wooden breast (WB); PNW: ECP processed with 50%:50% normal:WB. Different letters for same storage period denote significant differences ($p < 0.05$) between formulations. *ns* no significant differences ($p > 0.05$). The circle means that there is no significant difference ($p > 0.05$) between the two circulated formulations.

Figure 3. Evolution of peroxide index (A), TBARS (B), p-AI (C) and carbonyl compounds (D) of emulsified chicken patties (ECP) elaborated with normal chicken breast, wooden breast and their mixture stored under freezing (-18 °C) during 90 days.

Footnote: PN: ECP processed with 100% normal breast; PW: ECP processed with 100% wooden breast (WB); PNW: ECP processed with 50%:50% normal:WB. Different letters for same storage period denote significant differences ($p < 0.05$) between formulations. *ns* no

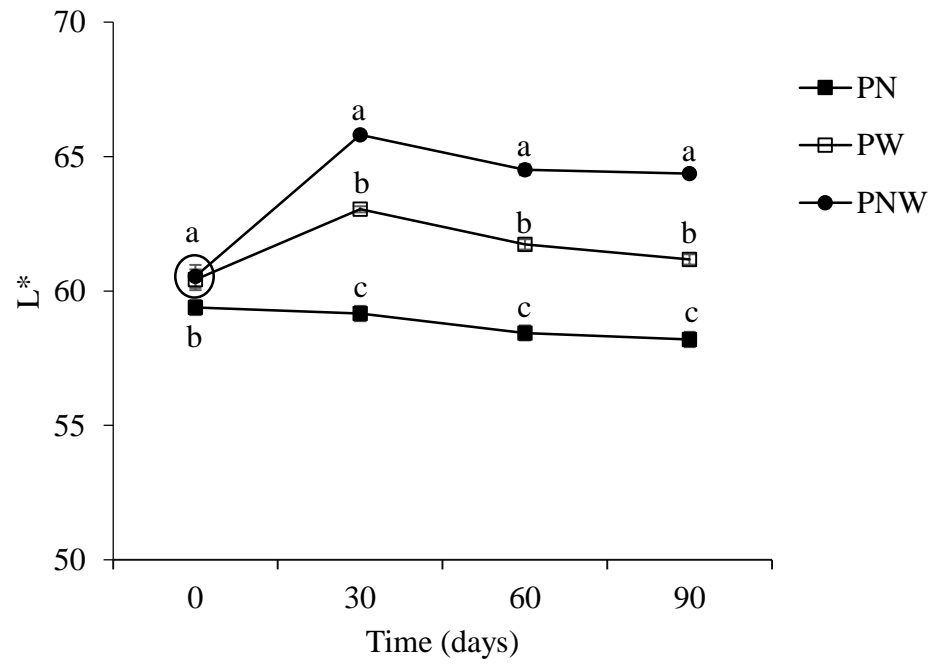
significant differences ($p > 0.05$). The circle means that there is no significant difference ($p > 0.05$) between the two circulated formulations.

Figure 4. Color-liking (A) and odor-liking (B) of emulsified chicken patties (ECP) elaborated with normal chicken breast, wooden breast and their mixture stored under freezing (-18°C) during 90 days.

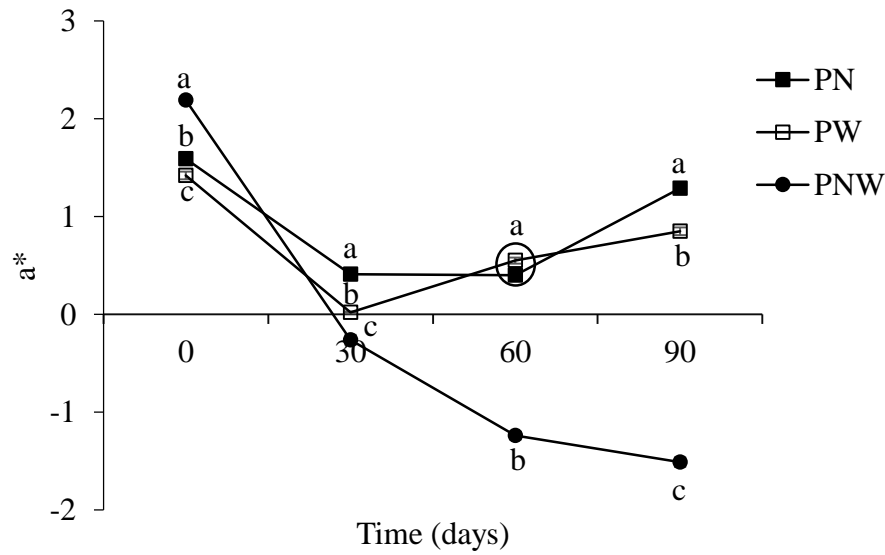
Footnote: PN: ECP processed with 100% normal breast; PW: ECP processed with 100% wooden breast (WB); PNW: ECP processed with 50%:50% normal:WB. Different letters for same storage period denote significant differences ($p < 0.05$) between formulations. *ns* no significant differences ($p > 0.05$).

Figure 1.

A.



B.



C.

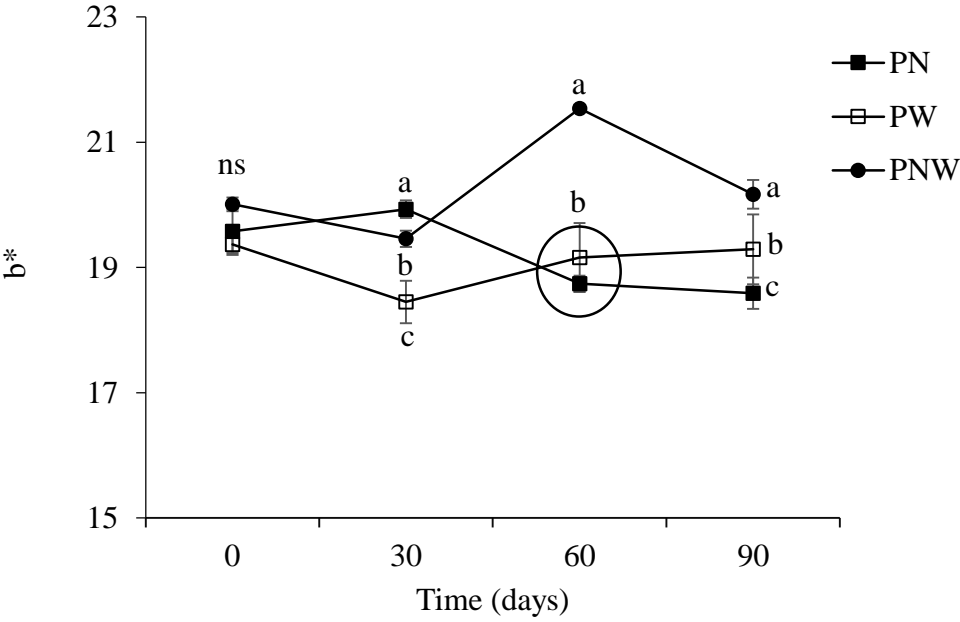


Figure 2.

A.

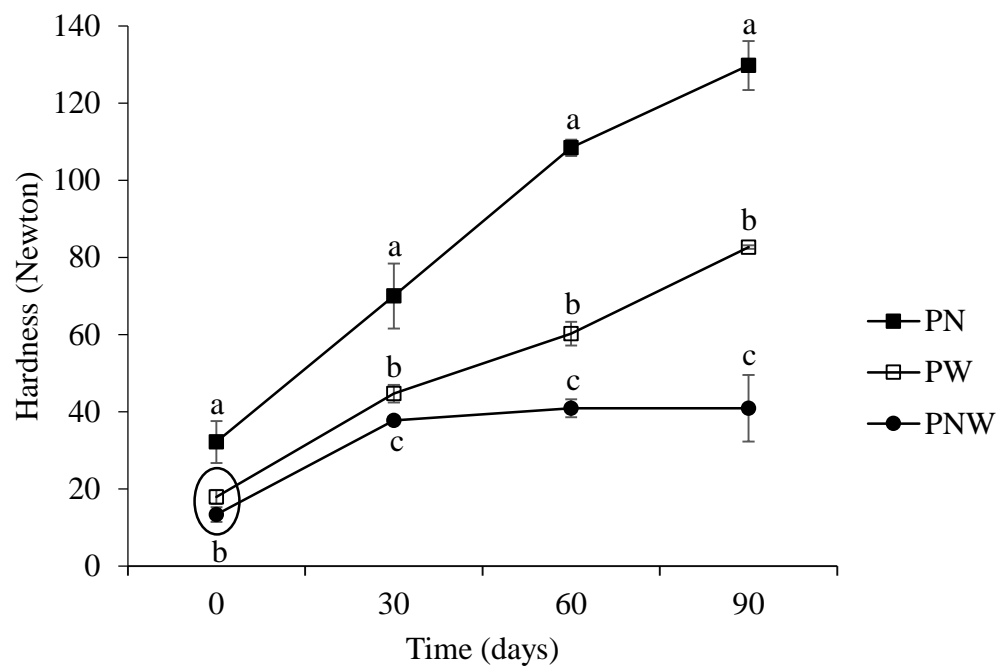
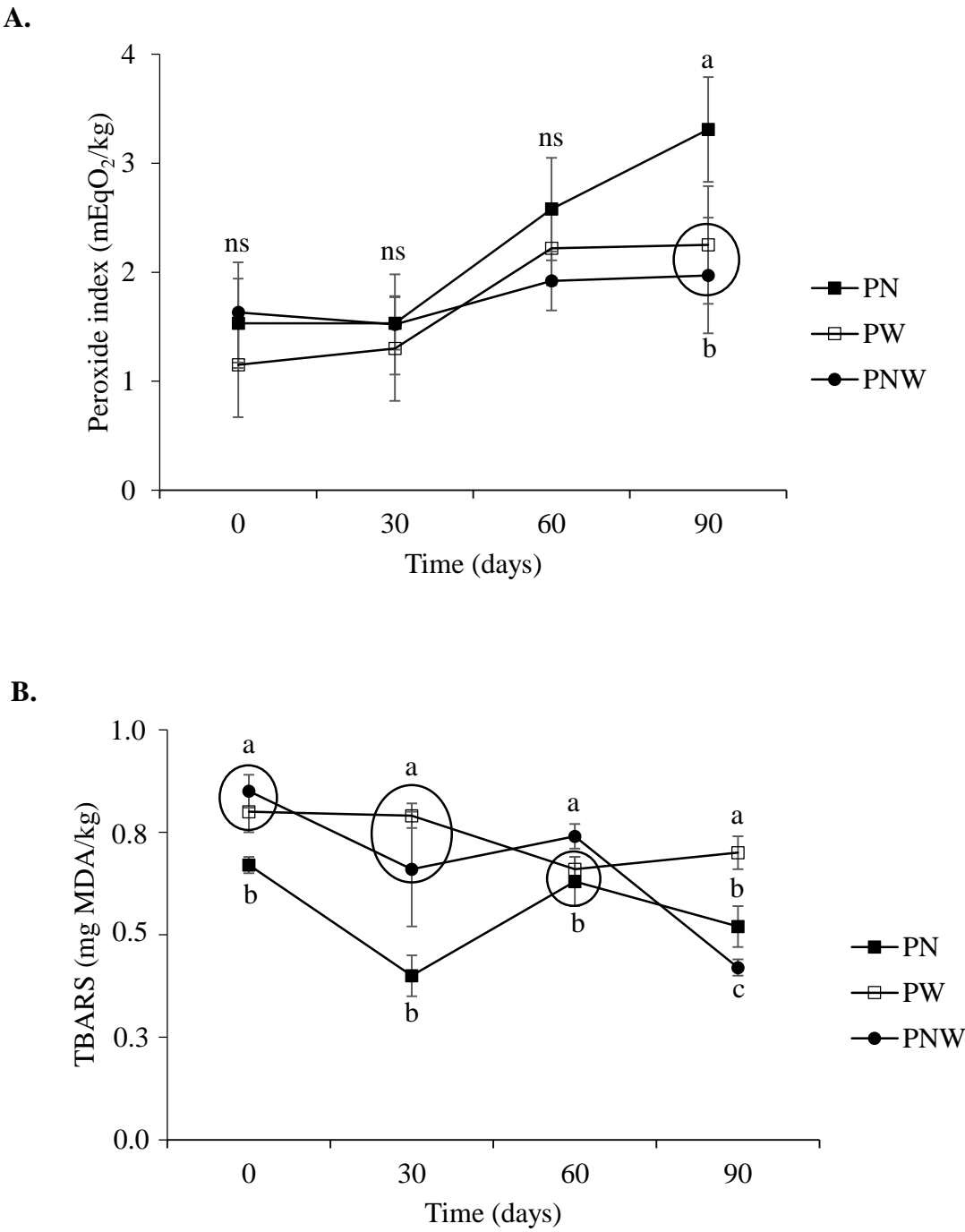
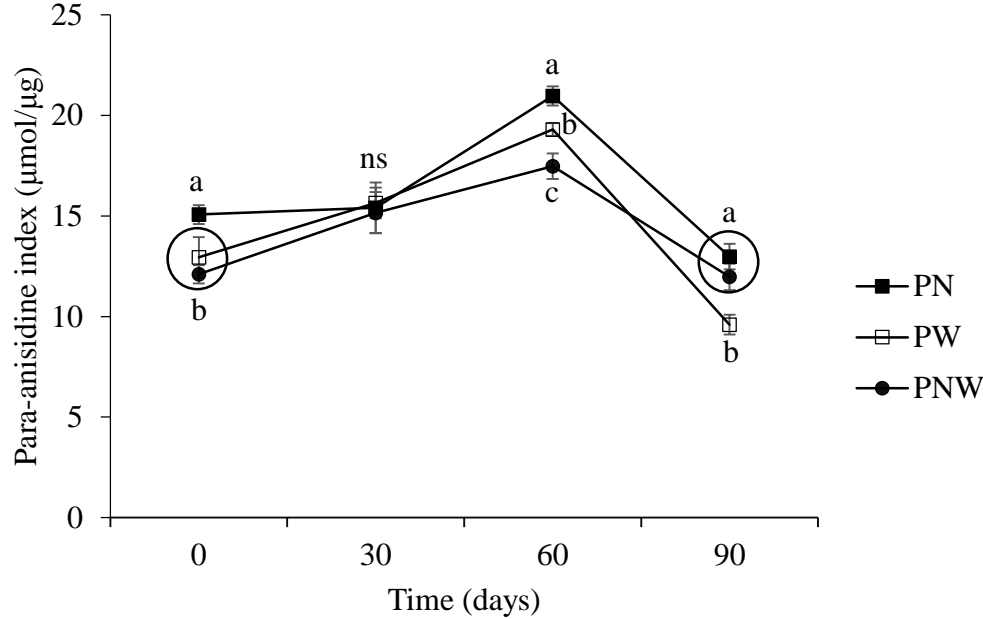


Figure 3.



C.



D.

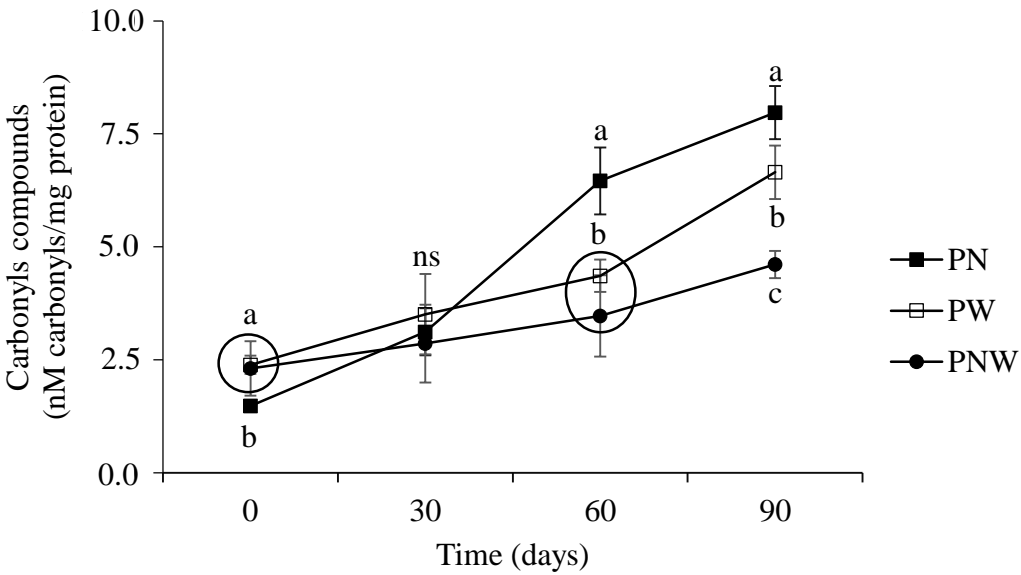


Figure 4.

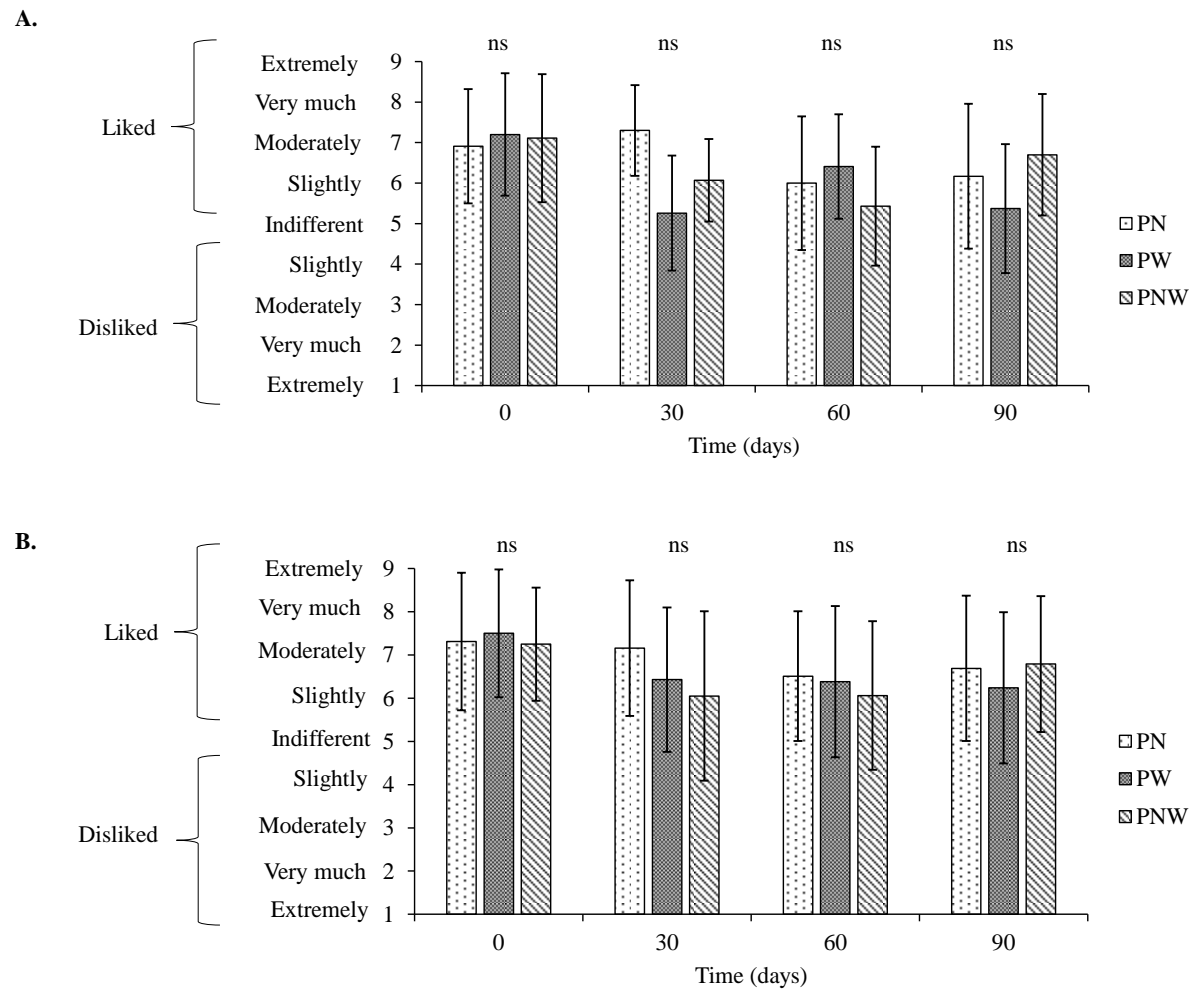


Table 1. Emulsified chicken patties formulations.

RAW MATERIAL (%)	FORMULATIONS		
	PN	PW	PNW
Normal fillets	70.0	-	35.0
Wooden Breast fillets	-	70.0	35.0
Chicken skin	15.0	15.0	15.0
Cold water	15.0	15.0	15.0
INGREDIENTS (g/kg)			
Onion dried	40.0	40.0	40.0
Garlic dried	20.0	20.0	20.0
Sodium Chloride	20.0	20.0	20.0
Cumin	10.0	10.0	10.0
Chili dried	1.00	1.00	1.00
Glutamate monosodium	1.00	1.00	1.00

PN: ECP processed with 100% normal breast; PW: ECP processed with 100% wooden breast (WB); PNW: ECP processed with 50%:50% normal:WB. The ingredients were added in relation to the total weight of raw materials.

OXIDAÇÃO LIPÍDICA E PROTEICA DE EMULSIONADO TIPO HAMBÚRGUER ELABORADO A PARTIR DO APROVEITAMENTO DE GORDURA ABDOMINAL E PELE DE FRANGO

Miriane Moreira Fernandes Santos¹; Darlinne Amanda Soares de Lima¹; Mércia de Sousa Galvão²; Marta Suely Madruga²; Fábio Anderson Pereira da Silva²

¹ Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba, Brasil.

² Departamento de Engenharia de Alimentos, Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba, Brasil.

Resumo: A pele (PL) e a gordura abdominal (GAB) são subprodutos gerados em abundância nos abatedouros avícolas. A PL já é aproveitada em produtos cárneos, principalmente nos embutidos, porém sua utilização é relacionada a contaminação microbiológica e susceptibilidade à oxidação. Com isso, objetivou-se avaliar o efeito da adição de GAB em substituição a PL nas características de qualidade de produto emulsionado tipo hambúrguer durante 90 dias de armazenamento sob congelamento (-18 °C). A GAB apresentou maior teor lipídico quando comparado à PL, porém a PL apresenta maior predominância de ácidos graxos polinsaturados. Quanto a composição química parcial, os tratamentos apresentaram diferença para umidade, lipídeos e colágeno total. Os valores de para-anisidina e compostos carbonílicos não foram influenciados pela incorporação de PL ou GAB ao fim dos 90 dias de armazenamento. Os julgadores também não observaram diferença na cor e aroma dos emulsionados ao longo dos 90 dias. Além disso, compostos voláteis considerados marcadores de oxidação não foram detectados ao fim do armazenamento dos produtos. Diante destes resultados, pode-se considerar que emulsionados tipo hambúrguer elaborados com PE ou GAB sofrem, em grau semelhante, baixos níveis de oxidação lipídica e proteica quando armazenados sob congelamento (-18°C) durante 90 dias, o que permite a utilização de alguma dessas fontes lipídicas em produtos cárneos.

Palavras-chave: Armazenamento; Compostos voláteis; Emulsões cárneas; Subproduto.

1. Introdução

O setor avícola tem ganhado grande destaque nos últimos anos devido ao seu crescimento acompanhado da estimativa de aumento na produção em 25% até o ano de 2025 (Barbut, 2015). Diante da elevada produtividade, a avicultura se tornou responsável pela geração de quantidades consideráveis de subprodutos provenientes do abate de aves. Cerca de 22-33% da produção avícola consiste em subprodutos que englobam vísceras, cabeça, sangue, pés, penas e pele (Erge & Zorba, 2018).

Dentre os subprodutos oriundos do abate de frango, tem-se a gordura abdominal (GAB), a qual tem sido pouco aproveitada no ramo alimentício. A gordura abdominal representa 2,5% do peso total da ave abatida e, normalmente, é utilizada na geração de energia como biocombustível, na produção de sabão ou ração animal (Centenaro, Furlan & Souza-Soares, 2008). Contudo, a gordura abdominal de frango apresenta em sua composição ácidos graxos poli-insaturados como o oleico, linoleico, tornando-se potencial ingrediente na elaboração de produtos cárneos como alternativa de melhoria no valor nutricional (Chiu & Gioielli, 2002).

A pele (PL) de frango, por sua vez, é considerada uma fonte rica em proteínas e lipídeos, onde cerca de 20% dos ácidos graxos são insaturados (Dalziel, Kliem & Givens, 2015). Pesquisas tem confirmado a bioatividade antioxidante de peptídeos da pele de frango obtidos através da hidrólise enzimática (Onuh, Girgih, Aluko & Aliani, 2014), o que também a torna interessante ingrediente para o desenvolvimento de produtos cárneos.

O hambúrguer é um produto cárneo popularmente conhecido e consumido por quase a totalidade dos países devido principalmente a sua praticidade e conveniência para o consumidor. Normalmente não são definidos como produtos emulsionados, entretanto o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Hambúrguer (Brasil, 2000) não restringe sua classificação de acordo com o grau de cominuição da carne utilizada, o que torna possível o emprego de técnicas de processamento como a emulsão, por exemplo.

A emulsão cárnea é um sistema composto por duas ou mais fases imiscíveis, como óleo-água. É uma técnica que pode ser aplicada com a finalidade de tornar o produto o mais homogêneo possível, além de agregar valor ao produto final, uma vez que é considerada uma técnica sofisticada (Jiang & Xiong, 2015).

A Instrução Normativa nº 20, de 31 de julho de 2000 (Brasil, 2000) não define a origem da gordura que pode ser utilizada na elaboração de hambúrguer, logo, as indústrias processadoras geralmente utilizam a pele proveniente do abate das aves. Entretanto, o Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) sugere o desenvolvimento de

pesquisas com substituição da pele por gordura abdominal de frango, diante do observado grau de contaminação microbiológica da pele e dos processos de oxidação devido a predominância de ácidos graxos insaturados, a qual é maior em aves quando comparado a outras fontes animais como carne de boi e de ovelha (Mottram, Crossman & Evershed, 2001).

Os processos oxidativos são responsáveis pela perda de qualidade em carnes e produtos cárneos (Wang, He, Gan & Li, 2018). A oxidação de lipídeos ocorre através de reações dos radicais livres que, em busca de estabilidade, atacam as ligações insaturadas dos ácidos graxos e podem formar diferentes produtos que proporcionam ao alimento alterações na cor, aroma e textura (Falowo, Fayemi & Muchenje, 2014). Os radicais livres também podem atacar proteínas, promovendo o desencadeamento da oxidação com formação de produtos distintos responsáveis pela alteração de parâmetros importantes na qualidade da carne, inclusive modificação no valor nutricional a partir da perda de aminoácidos essenciais e diminuição da digestibilidade das proteínas (Ferreira, Morcuende, Madruga, Silva & Estévez, 2018).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da adição de pele e gordura abdominal na oxidação lipídica e proteica de um produto emulsionado tipo hambúrguer armazenado sob congelamento (-18 °C) durante 90 dias.

2. Material e Métodos

2.1 Delineamento experimental, material

O impacto do tipo de gordura (PL ou GAB) nas características químicas e na estabilidade oxidativa do emulsionado de frango tipo hambúrguer foi avaliado através de um delineamento inteiramente casualizado (DIC) sob um esquema fatorial 2 x 4, analisando-se os efeitos da fonte de gordura em quatro tempos de armazenamento (0, 30, 60 e 90 dias).

Os peitos, a pele e gordura abdominal foram obtidos de frangos da linhagem comercial Cobb, machos e fêmeas, com idade ao abate entre 42 - 48 dias, em abatedouro certificado com Selo de Inspeção Federal (SIF) no Estado da Paraíba, Brasil. Os demais ingredientes utilizados para elaboração dos emulsionados foram adquiridos no mercado local da cidade de João Pessoa, Paraíba, Brasil.

As matérias-primas foram coletadas na linha de processamento comercial dos abatedouros. Os peitos foram obtidos após desossa e corte, a PL após remoção da carcaça e tratamento térmico, enquanto a GAB foi coletada na cavidade abdominal após etapa de resfriamento da carcaça. Após a coleta, as matérias-primas foram armazenadas a 4 °C por 24h e congeladas a -18 °C durante 48h até elaboração dos emulsionados.

2.2 Elaboração do emulsionado de frango tipo hambúrguer

Foram processadas duas formulações de emulsionado tipo hambúrguer conforme descrito na Tabela 1. Inicialmente, os peitos de frango foram moídos em moedor industrial com disco de 6 mm (Modelo MC 160, Ibrasmak, São Paulo, Brasil). Posteriormente, acrescentou-se os demais ingredientes de acordo com as formulações e, para obtenção de um produto homogêneo, a mistura foi submetida ao processo de emulsificação em cutter (Modelo 90510, G. Paniz, Caxias do Sul, Brasil) por aproximadamente 6 minutos, não permitindo que a massa cárnea ultrapassasse 12 °C. Em seguida, os emulsionados tipo hambúrguer foram moldados, com cerca de 100 g, em molde plástico (10 cm de diâmetro) e acondicionados em bandejas de isopor cobertas com filme de polietileno de baixa densidade (PEBD). Os produtos foram congelados (-18 °C) em freezer comercial e as análises foram realizadas em intervalos de 30 dias totalizando 90 dias de armazenamento.

2.3 Métodos

2.3.1 Perfil lipídico da pele e gordura abdominal de frango

Os lipídeos totais presentes na PL e GAB foram quantificados a partir do método proposto por Folch, Lees & Stanley (1957). A obtenção dos ésteres de ácidos graxos para determinação do perfil de ácidos graxos foi realizada de acordo com o método descrito por Hartman & Lago (1973) a partir da retirada de uma alíquota de 7 mL cuja concentração foi equivalente a 0,5 g/mL de gordura. A identificação e quantificação dos ésteres de ácidos graxos foi realizada através de cromatógrafo a gás (VARIAN 430 - GC, California, USA), acoplado com detector de ionização de chama (DIC), coluna capilar de sílica fundida (SPTM – 2560, Supelco, Bellafonte, EUA) com dimensões de 100 m x 0,25 mm e 0,20 µm de espessura do filme. Como gás de arraste, utilizou-se o hélio com vazão de 1 mL/minuto. Foram utilizadas as seguintes condições: temperatura do injetor 240 °C; temperatura inicial do forno 100 °C, aumentando-se 2,5 °C min⁻¹ até atingir 245 °C, permanecendo-se por 30 minutos, com um tempo total de corrida de 88 minutos; temperatura do detector 250 °C. Fluxo dos gases auxiliares: hélio 25 mL min⁻¹, hidrogênio 30 mL min⁻¹, ar sintético 300 mL min⁻¹. Alíquotas de 1,0 µL do extrato esterificado foram injetadas em injetor tipo Split/Splitless (Split 1:100). Os cromatogramas foram registrados em software tipo Galaxie Chromatography Data System. Para identificação dos ácidos graxos, os tempos de retenção dos ésteres metílicos das amostras foram

comparados com padrões Supelco ME19 - Kit (Fatty Acid Methyl Esters C6 - C24). Os resultados foram expressos em percentual (%) de área.

Os índices de aterogenicidade (IA) e trombogenicidade (IT) foram calculados conforme descrito por Ulbricht & Southgate (1991).

2.3.2 Determinação da composição química parcial e perfil de ácidos graxos dos emulsionados de frango tipo hambúrguer

Os conteúdos de umidade, cinzas, proteína total, colágeno e pH foram determinados de acordo com as metodologias da AOAC (2000) descritas nos itens nº 950.46.41, 920.153, 928.08, 990.26, 947.05, respectivamente. A gordura total foi quantificada a partir do método proposto por Folch et al. (1957). A obtenção dos ésteres metílicos, identificação e quantificação dos ácidos graxos foi realizada conforme descrito no item 2.2.1 no início e no final do período de armazenamento.

2.3.3 Determinação de colágeno total

O teor de colágeno total foi quantificado através da determinação da hidroxiprolina, de acordo com procedimento 990.26 da AOAC (2012). A concentração de hidroxiprolina foi calculada a partir de curva padrão de hidroxiprolina com concentração entre 0,6 a 3,6 µg/mL. O conteúdo de colágeno total foi calculado multiplicando-se o teor de hidroxiprolina pelo fator de conversão 8,0, sendo o resultado final expresso em gramas de colágeno total por 100 gramas de amostra.

2.3.4 Cor instrumental dos emulsionados de frango tipo hambúrguer

A cor instrumental foi determinada através de leituras dos parâmetros L^* (luminosidade), a^* (intensidade de vermelho/verde) e b^* (intensidade de azul/amarelo) em seis diferentes porções do emulsionado utilizando-se um colorímetro digital Minolta (Modelo CR-400, Minolta, Mahwah/New Jersey, USA). Anteriormente às leituras, o equipamento foi calibrado. A diferença colorimétrica (ΔE) total foi calculada utilizando-se a equação $\Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$. O ângulo Hue foi calculado através da equação $\text{Hue} = \arctan(b^*/a^*)$.

2.3.5 Perfil de textura (TPA) e força de cisalhamento (FC)

A determinação do perfil de textura foi realizada utilizando-se texturômetro TA-XT2i (Stable Micro Systems, Surrey, Reino Unido) equipado com probe cilíndrica P/35. As amostras

foram obtidas a partir de um cortador cilíndrico (2,5 cm de diâmetro x 1,0 cm de altura). Os parâmetros avaliados foram dureza (N), gomosidade (N), mastigabilidade (N), elasticidade (adimensional), coesividade (adimensional) e a resiliência (adimensional), segundo metodologia proposta por Bourne (2002). Foram utilizadas as seguintes condições: velocidade de pré-teste 2,0 mm/s; velocidade de teste: 2,0 mm/s; velocidade pós-teste: 5,0 mm/s; distância de compressão: 4 mm; força de disparo: 5 g. Para força de cisalhamento, as amostras foram cortadas em formato retangular (2,5 cm de comprimento x 1,0 cm de altura x 1,0 cm de largura) e submetidas a análise através de texturômetro TA-XT2i (Stable Micro Systems, Surrey, Reino Unido) equipado com lâmina tipo Warner Bratzler, operando a uma velocidade de 10 mm/s, profundidade de penetração de 20 mm e força de contato de 5 g. Os dados de TPA e FC foram analisados através do software Texture Expert for Windows 1.20 (Stable Micro Systems\TE32L\versão 6.1.4.0 Inglaterra).

2.3.6 Avaliação da estabilidade oxidativa dos emulsionados de frango tipo hambúrgueres

Índice de peróxido (IP)

A determinação do índice de peróxido foi realizada de acordo com método descrito por Carvalho, Jong, Belló, Souza & Terra (2002). Em uma alíquota de 15 mL do extrato lipídico obtido pelo método de Folch et al. (1957) foi adicionado 22,5 mL de ácido acético puro e 0,75 mL de solução saturada de KI. Após repouso em local escuro, foi adicionado 22,5 mL de água destilada e 3 mL de solução de amido 1% à mistura inicial. O procedimento se encerrou com a titulação da mistura com tiosulfato de sódio 0,01 N. O índice de peróxido foi expresso em mEqO₂/kg.

Índice de para-anisidina (IpA)

O índice de para-anisidina foi determinado conforme método adaptado da IUPAC (1987). Cerca de 0,5 g de gordura presente nas frações lipídicas obtidas pelo método de Folch et al. (1957) foram diluídas em iso-octano e a absorbância foi verificada a 350 nm (A₁). Em seguida, uma alíquota de 1 mL de para-anisidina (2,5 mg/mL) foi adicionada à mistura (amostra + iso-octano), seguida de homogeneização e repouso em local escuro durante 10 minutos. Foi realizada uma segunda leitura de absorbância (A₂) a 350 nm. O resultado final foi calculado a partir da equação $IpA = [(1,2 \cdot (A_2 - A_1) / m) \cdot 25]$, onde “m” é a massa lipídica.

Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS)

A determinação de TBARS foi realizada conforme método descrito por Rosmini et al. (1996) com adaptações. Os resultados foram expressos como mg MDA/kg de amostra e calculados usando uma curva padrão de 1,1,3,3-tetrametoxipropano (TMP) variando a concentração de 0,2 a 2,6 µg/mL.

Quantificação de compostos carbonílicos totais

Os compostos carbonílicos foram quantificados de acordo com metodologia modificada de Oliver, Ahn, Moerman, Goldstein & Stadtman (1987). A quantidade de carbonílicos totais foi expressa em nmoles de carbonílicos por mg de proteína a partir de leituras a 370 nm. As proteínas foram quantificadas com auxílio de uma curva-padrão de albumina (0,1 mg/mL a 1 mg/mL) a partir de leituras a 280 nm.

Análise de compostos voláteis

A extração dos voláteis foi realizada através da técnica de micro extração em fase sólida (SPME) com dispositivo SPME (Supelco). A fibra utilizada foi 65 µm Polidimetilsiloxano/Divinilbenzeno (PDMS/DVB), ativada de acordo com as condições do fabricante (250 °C/30 minutos). Cerca de 2 g da amostra do produto emulsionado tipo hambúrguer triturada e cozida foi colocada em frasco de vidro de 20 mL hermeticamente fechado com tampa rosqueável, contendo septo revestido de teflon. Após atingir o equilíbrio (60°C/5 minutos), a fibra foi exposta ao *headspace* por 60 minutos para extração. Após este tempo, o dispositivo SPME foi movido do frasco da amostra e inserido diretamente na porta de injeção do espectrômetro de massas (Agilent Technologies 5977B, Little Falls, DE, USA) acoplado a um cromatógrafo gasoso 7890B, responsáveis por separar e identificar os voláteis coletados pela SPME. Foram utilizadas as seguintes condições: temperatura inicial do forno 40 °C/ 2 minutos, aumentando-se 4 °C min⁻¹ até atingir 280 °C, permanecendo por 10 minutos, totalizando 72 minutos de corrida. A temperatura do injetor foi fixada em 250 °C. O hélio foi usado como gás de arraste na vazão de 1,0 mL/minuto no sistema de injeção split 1:10. A temperatura da linha de transferência foi de 170 °C. O espectrômetro de massas foi operado no modo impacto de elétrons (70 eV) e a faixa de “scanning” de massa foi de 35 a 350 u.m.a a 3,33 scans/s. A identificação dos compostos foi realizada pela análise dos padrões de fragmentação exibidos nos espectros de massas, tendo sido confirmada por comparação dos seus espectros de massas com aqueles presentes na base de dados fornecida pelo equipamento NIST (*National Institute of Standards & Technology, E.U.A*), bem como através dos seus

índices de retenção linear com os de compostos conhecidos. Os resultados foram expressos em percentual (%) de área.

2.3.7 Análise sensorial

Na análise sensorial, os parâmetros cor e aroma dos produtos foram avaliados ao longo dos 90 dias de armazenamento por cerca de 70 julgadores não treinados que declararam consumir hambúrguer regularmente. Utilizou-se escala hedônica de 9 pontos variando do desgostei muitíssimo (1) a gostei muitíssimo (9). Os emulsionados de frango foram assados em chapa (CKSTGR 3007, Oster, China) previamente aquecida a 175 °C durante 6 minutos aproximadamente, sendo 3 minutos para cada lado, até atingir 75 °C no seu interior. Para avaliação da cor, de cada emulsionado tipo hambúrguer, foram retiradas amostras em formato cilíndrico (2,5 cm de diâmetro e 1,0 cm de altura), os quais foram servidos em copos plásticos de 50 mL. Para o aroma, cerca de 5 g da amostra assada e triturada foram dispostas em tubos tipo Falcon de 50 mL selados e envoltos por papel alumínio de acordo com método descrito por Ferreira et al. (2016). As amostras foram codificadas com 3 números aleatórios.

2.4 Análise estatística

O tratamento dos dados foi realizado através do software IBM SPSS Statistics 2.3. Para o perfil lipídico da PE, GAB e caracterização dos emulsionados tipo hambúrguer, aplicou-se o teste t de Student. A avaliação do efeito tempo foi realizada através de Análise de Variância (ANOVA) de duas vias, sendo a fonte lipídica e tempo de armazenamento as variáveis estabelecidas como fatores fixos. Em seguida foi realizada a comparação de médias pelo teste de Tukey a nível de 5% de significância.

3. Resultados e Discussão

3.1 Perfil lipídico da pele e gordura abdominal de frango

A GAB apresentou teor lipídico cerca de 45% superior em relação à PE conforme demonstrado na Tabela 2. A concentração de gordura obtida para a PE está de acordo ao encontrado por Feddern et al. (2010). Não foram encontradas pesquisas referentes ao conteúdo lipídico apresentado na GAB, no entanto é coerente, pois, já é bastante conhecido que há maior acúmulo de gordura nos tecidos subcutâneos e ao redor de vísceras, como é o caso da GAB (Fagundes et al., 2017).

O perfil de ácidos graxos da PE e GAB foram semelhantes (Tabela 2). Os ácidos graxos saturados (AGS) foram encontrados em menor quantidade para PE e GAB, ressaltando-se a presença do ácido láurico (C12:0) detectado apenas na GAB. Os ácidos graxos monoinsaturados (AGMI) apresentaram-se em maior quantidade nos dois subprodutos, destacando-se o ácido oleico (C18:1). Os ácidos graxos polinsaturados (AGPI) também foram detectados em abundância na PE e GAB, principalmente o ácido linoleico (C18:2), onde a PE apresentou maior conteúdo (30,11%) quando comparado a GAB (28,47%).

O total de ácidos graxos insaturados foi acima de 65% para os dois subprodutos, demonstrando concordância com trabalho realizado por Feddern et al. (2010) que apresentaram 69,6% de insaturados em pele de frango. No entanto, a PE apresentou maior conteúdo de AGPI, o que induz as reações de oxidação e justifica a substituição da PE por GAB em produtos cárneos.

Em relação aos índices de qualidade nutricional, não houve diferença estatística para IA (Tabela 2). Porém, a GAB apresentou maior IT (0,76) quando comparado a PE (0,71). Os resultados obtidos para IA e IT estão de acordo ao que foi observado por Feddern et al. (2010) em pele de frango. Além disso, o IA e IT para os dois tratamentos não ultrapassam os níveis aceitáveis de 0,5 para IA e 1,00 para IT (Ulbricht & Southgate, 1991).

3.2 Caracterização dos emulsionados de frango tipo hambúrguer

A composição físico-química dos emulsionados tipo hambúrguer está descrita na Tabela 3. Não houve influência da fonte de gordura utilizada no processamento dos emulsionados para os parâmetros proteínas, pH, a^* , b^* e Hue ($p > 0,05$). Porém, os conteúdos de umidade, lipídeos, colágeno e o valor L^* variaram de acordo com o tratamento ($p < 0,05$).

A formulação PPE apresentou maior teor de umidade (70,28 g/100 g) e colágeno (0,48 g/100 g) quando comparado a PGA, o qual é decorrente da natureza da composição da PE que apresenta mais água e proteínas estruturais. Em relação a gordura total, o tratamento PGA apresentou quase o dobro do obtido para PPE. Este resultado era esperado diante dos valores encontrados para a PE e GAB. A respeito da luminosidade (L^*), a formulação PGA mostrou-se mais clara quando comparada a PPE, o que pode ser explicado pela maior luminosidade observada na GAB (Figura 2). Ainda em relação a cor dos emulsionados, a diferença colorimétrica total (ΔE) entre os tratamentos foi 1,07 (Tabela 3), valor entre 0,5-1,5 indicando que visualmente, não houve diferença na cor entre os produtos de acordo com escala atribuída por Cruz-Romero, Kelly & Kerry (2007).

No perfil de textura dos emulsionados (Tabela 3), a fonte lipídica influenciou os parâmetros dureza, gomosidade, mastigabilidade e resiliência ($p < 0,05$). Para dureza, gomosidade e mastigabilidade, o tratamento PPE apresentou o dobro dos valores observados para PGA, indicando que a pele promoveu um produto que necessita de maior força durante a mastigação para que o mesmo se desintegre até o ponto de ser engolido. Este comportamento também foi observado por Fagundes et al. (2017) ao avaliar a substituição de toucinho por uma mistura de pele de porco e óleo de canola em hambúrguer. Os autores observaram que a utilização da pele de porco aumentou os parâmetros já mencionados e sugerem que este fato é decorrente da presença do colágeno na pele, responsável pela formação de um gel resistente.

O perfil de ácidos graxos no início e fim do armazenamento (tempos 0 e 90) estão expostos na Tabela 4. Os ácidos graxos encontrados em maiores quantidades foram os mesmos apresentados para PE e GAB: oleico, linoleico e palmítico, refletindo o comportamento da fonte lipídica empregada para processamento dos emulsionados. Ao longo dos 90 dias de armazenamento, o tipo de gordura inserida não influenciou os AGPI, indicando que houve poucas reações oxidativas nos produtos as quais são fatores que contribuem para redução do conteúdo de AGPI. Em relação aos AGS e AGMI das amostras, houve influência do tipo de gordura e do tempo. Os AGS diminuíram durante armazenamento, principalmente devido a redução do ácido mirístico, sendo o tratamento PPE o que apresentou maior proporção no tempo 90 (30,28%), ao contrário do que foi observado para os AGMI, os quais estiveram presentes em maior quantidade no tratamento PGA (42,10%). Este comportamento pode ser compreendido mediante observação realizada por Liu, Lampi & Ertbjerg (2018) em seus experimentos. Os pesquisadores avaliaram a estabilidade oxidativa das frações saturada e insaturada da banha de porco e observaram que a fração insaturada exibiu maior estabilidade frente a oxidação lipídica do que a saturada.

A respeito dos IA e IT (Tabela 4), a formulação PPE apresentou maiores resultados para os dois índices, indicando que este tratamento apresenta maior teor de ácidos graxos aterogênicos e trombogênicos (Ulbricht & Southgate, 1991). A diminuição dos índices ao longo do período de armazenamento é decorrente a redução dos AGS e aumento dos AGMI, conforme discutido anteriormente.

3.3 Alterações na cor, dureza e força de cisalhamento dos emulsionados de frango tipo hambúrguer ao longo do armazenamento

Na Figura 1, estão dispostos os resultados da cor (L^* , a^* , b^*) dos emulsionados tipo hambúrguer ao longo do armazenamento. Em relação a luminosidade (Figura 1A), o tratamento

PGA apresentou maior valor, com aumento considerável aos 30 dias, seguido de decréscimo ao final do armazenamento. Para o PPE, a luminosidade apresentou diminuição significativa entre os dias 30 e 60, seguindo constante até o fim do armazenamento, podendo estar relacionado aos processos oxidativos.

Os valores de a^* variaram significativamente entre os tratamentos ($p < 0,05$) (Figura 1B). Ambos apresentaram queda estatisticamente igual até o 30º dia de armazenamento. Entre os dias 30 e 60, o tratamento PPE manteve valores constantes enquanto o PGA continuou diminuindo até o 60º dia. Em seguida, ambos os tratamentos apresentaram aumento até o 90º dia. Considerando-se o início e fim do armazenamento, a maior redução foi apresentada pelo tratamento PPE (18,87%) quando comparado ao PGA (8,86%). De maneira geral, a intensidade vermelha reduz ao longo do armazenamento decorrente de modificações sofridas no produto com o desencadeamento de processos oxidativos ou ainda alterações nos pigmentos devido ao frio aplicado (Sohaib et al., 2017; Ganhão, Morcuende & Estevez, 2010).

Para o parâmetro b^* , foi possível notar que o comportamento entre os tratamentos foi o oposto (Figura 1C). Após o processamento, enquanto os valores de PPE aumentaram, os de PGA diminuíram, o que pode ser decorrente da fonte lipídica empregada, uma vez que a gordura abdominal apresenta coloração ligeiramente amarelada conforme pode ser observado na Figura 2.

Quanto a força de cisalhamento (FC) e dureza (Figura 3), o comportamento entre os tratamentos foi similar. Para os dois parâmetros, os resultados foram crescentes ao longo do período de armazenamento, onde o emulsionado PPE apresentou maiores valores ao fim do armazenamento. Para esse tratamento, a FC e a dureza apresentaram crescimento de 35,19% e 75,21% ao longo do armazenamento, respectivamente. O tratamento PGA apresentou menores valores para FC e dureza, o que indica que a PE utilizada na elaboração dos emulsionados promove maior dureza ao produto, o qual necessita de maior força para ser cortado. Este resultado tem relação com o teor de colágeno presente na pele e está de acordo ao observado por Sousa et al. (2017) em salsichas de frango elaboradas com colágeno em pó como substituto de gordura.

3.4 Estabilidade oxidativa dos emulsionados de frango tipo hambúrguer

Os resultados para oxidação lipídica analisados através da formação de peróxidos e aldeídos estão descritos na Figura 4. Para o índice de peróxido (Figura 4A), observou-se que a formulação PPE acumulou maior quantidade de peróxidos aos 30 dias, seguido de queda até o fim do armazenamento a qual ocorreu provavelmente devido a degradação dos hidroperóxidos

em produtos secundários da oxidação (Guyon, Meynier & Lamballerie, 2016). Para o tratamento PGA, o maior acúmulo de hidroperóxidos foi observado a partir do 60º dia de armazenamento, permanecendo igual até o dia 90 ($p>0,05$). Essa diferença de comportamento pode ser justificada diante do perfil de ácidos graxos distintos da PE e GAB, uma vez que a PE apresenta maior conteúdo de AGPI em relação à GAB (Tabela 2), o que pode contribuir para o desencadeamento precoce das reações de oxidação lipídica. Vale ressaltar que, apesar do comportamento mencionado, a quantidade de peróxidos formados nos tratamentos PPE e PGA foram significativamente iguais ao fim do armazenamento ($p>0,05$), além de não atingir o limite perceptível da rancidez considerado 10 mEqO₂/kg (Cagdas & Kumcuoglu, 2014)

Em relação a formação dos compostos secundários aldeídicos quantificados através da análise de IpA, notou-se que não houve diferença entre os tratamentos ($p>0,05$) (Figura 4B). A maior formação de aldeídos nas amostras foi observada aos sessenta dias de armazenamento, apresentando concordância com o observado para a formação de hidroperóxidos discutido anteriormente, onde este mesmo período marcou o decréscimo do composto primário da oxidação lipídica, indicando que estes foram decompostos em produtos secundários como os aldeídos, por exemplo.

Para a formação de malonaldeído (Figura 4C), o uso de PE ou GAB apresentou influência até o 60º dia, no qual os tratamentos foram estatisticamente iguais ($p>0,05$), corroborando o comportamento observado no IpA. O tratamento PGA foi o que apresentou maiores valores de MDA ao longo de todo o armazenamento, porém, os dois tratamentos mantiveram-se estatisticamente iguais entre o início e o fim do período de armazenamento, demonstrando boa estabilidade oxidativa do produto processado e indicando que o uso da PL ou GAB não induz alto estresse oxidativo nos lipídeos presentes. Um comportamento similar foi observado por De Carli, Moraes-Lovison & Pinho (2018) em patês de frango armazenados sob refrigeração até 24 semanas. Além disso, a quantificação de MDA nos emulsionados tipo hambúrguer não alcançou o limite perceptível da rancidez considerado 2 mg MDA/kg (Campo et al., 2006) em nenhum período avaliado.

Os resultados para oxidação proteica podem ser observados na Figura 4D. Houve aumento significativo dos compostos carbonílicos totais ao longo dos 90 dias, com maior acúmulo ao final do armazenamento para os dois tratamentos. Um comportamento semelhante foi observado por De Carli et al. (2018) que detectaram até 5,59 nM/mg de proteína em patês de frango. Embora tenha sido observado diferença significativa durante o armazenamento na formação de compostos carbonílicos, não foi possível notar influência da utilização da PE ou GAB para oxidação proteica ($p>0,05$).

Um total de 22 compostos voláteis foram identificados nos emulsionados de frango tipo hambúrguer, os quais são apresentados na Tabela 6. Dentre os compostos, estão 1 ácido, 6 aldeídos, 6 compostos sulfurados e 9 terpenos. O único ácido detectado nas duas amostras foi o butírico, apenas no início do armazenamento.

Os aldeídos foram detectados em altas quantidades nos tratamentos. Esse grupo é visto como indicador de oxidação lipídica, principalmente os compostos pentanal e hexanal (Sohaib et al., 2017), os quais foram identificados nos emulsionados em baixas quantidades quando comparado ao cuminaldeído que é característico do cominho (*Cuminum cyminum* L.). Este resultado confirma os dados anteriormente discutidos em relação aos baixos níveis de oxidação dos produtos processados.

Os compostos voláteis sulfurados foram encontrados em quantidades relevantes apenas no início do armazenamento para todos os tratamentos, o que já era esperado visto que os compostos voláteis sulfurados apresentam alta volatilidade e se desprendem rapidamente do produto (Nam et al., 2007). Esse comportamento está de acordo ao que foi observado por Sohaib et al. (2017) em hambúrguer de frango armazenado durante 7 dias sob refrigeração.

Os terpenos foram a classe de voláteis de maior predominância entre os tratamentos. De acordo com Yang, Sun, Pan, Wang, & Cao (2018), os terpenos são responsáveis pelo aroma de produtos cárneos condimentados, pois estão presentes em grandes proporções em diversas especiarias como na pimenta, por exemplo, que apresenta alto conteúdo de β -pinene, limonene e no cominho (*Cuminum cyminum* L.) o terpinene (Sowbhagya, Srinivas, Purnima, & Krishnamurthy, 2011).

A percepção dos consumidores diante da cor e aroma dos emulsionados (Figura 5) ao longo do armazenamento corrobora com os resultados obtidos nas análises de oxidação. De maneira geral, não houve diferença significativa ($p>0,05$) entre os dois tratamentos para nenhum dos tempos avaliados, o que permite relacionar com baixos níveis de oxidação lipídica e um perfil de voláteis equilibrado entre as amostras. De maneira geral, as notas atribuídas pelos julgadores variaram entre “gostei ligeiramente” (6) e “gostei moderadamente” (7), onde as notas mais baixas foram dadas ao fim do armazenamento, caracterizando o início da deterioração do aroma, o qual pode estar relacionado com o desenvolvimento do WOF (Warmed Over Flavor) (Bailey & Um, 1992). Estes resultados apresentam conformidade com o observado por Ferreira et al. (2016) em hambúrguer de frango armazenado durante 14 dias sob refrigeração.

4. Conclusões

A utilização de pele ou gordura abdominal na elaboração de um produto emulsionado de frango tipo hambúrguer não apresentou impacto na taxa de oxidação lipídica e proteica quando os produtos foram armazenados sob congelamento (-18 °C) por um período de 90 dias, indicando que o aproveitamento destes subprodutos em produtos cárneos torna-se possível em relação a sua estabilidade oxidativa. No entanto, ao considerar os resultados obtidos para o perfil de textura e força de cisalhamento, indica-se a utilização da GAB que apresentam maior maciez, suculência e menor dificuldade na mastigação. Em adição, são necessários mais estudos que avaliem um tratamento composto pela mistura de pele e gordura abdominal.

Agradecimentos

Os autores da pesquisa agradecem a empresa Guaraves Guarabira Aves Ltda pela doação do material de estudo. Agradecem também ao CNPq e CAPES pela bolsa e auxílios concedidos aos discentes MMFS e DASL e pelo suporte através dos projetos 401167/2014 e 430832/2016-8. Por fim, os autores declaram que o presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Referências

- AOAC. (2000). *Official methods of analysis of AOAC international*. Association of Official Analysis Chemists International. Washington, D.C: AOAC, 1018p.
- Araújo, C. S., Rodrigues, A. M. C., Peixoto Joele, M. R. S., Araújo, E. A. F., & Lourenço, L. F. H. (2018). Optimizing process parameters to obtain a bioplastic using proteins from fish byproducts through the response surface methodology. *Food Packaging and Shelf Life*, 16, 23-30.
- Barbut, S. (2015). *The Science of Poultry and Meat Processing*. Canadá: Library and Archives Canada Cataloguing in Publication. ISBN 978-0-88955-626-3, (Chapter 2).
- Bailey, M. E., & Um, K. W. (1992). Maillard reaction products and lipid oxidation. In: *ACS Symposium Series*, 122–139.
- Bourne, M. C. (2002). *Food texture and viscosity: Concept and Measurement*. (2th ed.). Geneva: Academic Press, 415p.

- Brasil. (2000). *Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Hambúrguer. Instrução Normativa nº 20, de 31/07/2000* (p. 7-9). Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF.
- Campo, M. M., Nute, G. R., Hughes, S. I., Enser, M., Wood, J. D., & Richardson, R. I. (2006). Flavour perception of oxidation in beef. *Meat Science*, 72(2), 303–311.
- De Carli, C., Moraes-Lovison, M., & Pinho, S. Production, physicochemical stability of quercetin-loaded nanoemulsions and evaluation of antioxidant activity in spreadable chicken pâtés. (2018). *LWT – Food Science and Technology*, 98, 154-161.
- Carvalho, H. H., Jong, E. V., Belló, R. M., Souza, R. B., & Terra, M. F. (2002). *Alimentos: métodos físicos e químicos de análise*. Porto Alegre: Ed. Universidade. ISBN 85-7025-626-4.
- Centenaro, G. S., Furlan, V. J. M., & Souza-Soares, L. A. de. (2008). Gordura de frango: alternativas tecnológicas e nutricionais. *Semina: Ciências Agrárias*, 29(3), 619.
- Chiu, M. C., & Gioielli, L. A. (2002). Conteúdo de gordura sólida da gordura abdominal de frango, de suas estearinas e de suas misturas binárias com toucinho. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 22(2), 151-157.
- Cruz-Romero, M., Kelly, A. L., & Kerry, J. P. (2007). Effects of high-pressure and heat treatments on physical and biochemical characteristics of oysters (*Crassostrea gigas*). *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 8(1), 30–38.
- Dalziel, C. J., Kliem, K. E., & Givens, D. I. (2015). Fat and fatty acid composition of cooked meat from UK retail chickens labelled as from organic and non-organic production systems. *Food Chemistry*, 179, 103–108.
- Erge, A., & Zorba, Ö. (2018). Optimization of gelatin extraction from chicken mechanically deboned meat residue using alkaline pre-treatment. *LWT – Food Science and Technology*, 97, 205–212.
- Fagundes, D. T. O., Lorenzo, J. M., Dos Santos, B. A., Fagundes, M. B., Heck, R. T., Cichoski, A. J., Wagner, R., & Campagnol, P. C. B. (2017). Pork Skin and Canola Oil as Strategy to Confer Technological and Nutritional Advantages to Burgers. *Czech Journal of Food Sciences*, 35(4), 352-359.
- Falowo, A. B., Fayemi, P. O., & Muchenje, V. (2014). Natural antioxidants against lipid–protein oxidative deterioration in meat and meat products: A review. *Food Research International*, 64, 171–181.
- Feddern, V., Kupski, L., Cipolatti, E. P., Giacobbo, G., Mendes, G. L., Badiale-Furlong, E., & de Souza-Soares, L. A. (2010). Physico-chemical composition, fractionated glycerides and

- fatty acid profile of chicken skin fat. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 112(11), 1277–1284.
- Ferreira, V. C. S., Morcuende, D., Madruga, M. S., Hernández-López, S. H., Silva, F. A. P., Ventanas, S., & Estévez, M. (2016). Effect of pre-cooking methods on the chemical and sensory deterioration of ready-to-eat chicken patties during chilled storage and microwave reheating. *Journal of Food Science and Technology*, 53(6), 2760–2769.
- Ferreira, V. C. S., Morcuende, D., Madruga, M. S., Silva, F. A. P., & Estévez, M. (2018). Role of protein oxidation in the nutritional loss and texture changes in ready-to-eat chicken patties. *International Journal of Food Science & Technology*, 53(6), 1518–1526.
- Folch, J., Lees, M., & Sloane Stanley, G. H. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *The Journal of Biological Chemistry*, 226(1), 497–509.
- Ganhão, R., Morcuende, D., & Estévez, M. (2010). Protein oxidation in emulsified cooked burger patties with added fruit extracts: Influence on colour and texture deterioration during chill storage. *Meat Science*, 85(3), 402–409.
- Guyon, C., Meynier, A., & de Lamballerie, M. (2016). Protein and lipid oxidation in meat: A review with emphasis on high-pressure treatments. *Trends in Food Science & Technology*, 50, 131–143.
- Hartman, L., & Lago, B. C. (1973). Rapid preparation of fatty methyl esters from lipids. *Laboratory Practice*, 22, 475–477.
- He, S., Franco, C., & Zhang, W. (2013). Functions, applications and production of protein hydrolysates from fish processing co-products (FPCP). *Food Research International*, 50(1), 289–297.
- IUPAC. (1987). *Determination of the p-anisidine value (P-Av) standard Methods for the analysis of oils, fats and derivatives*. International Union of Pure and Applied Chemistry. (6th ed.). Oxford UK: Blackwell Scientific Publications.
- Jiang, J., & Xiong, Y. L. (2015). Role of interfacial protein membrane in oxidative stability of vegetable oil substitution emulsions applicable to nutritionally modified sausage. *Meat Science*, 109, 56–65.
- Liu, M., Lampi, A. M., & Ertbjerg, P. (2018). Unsaturated fat fraction from lard increases the oxidative stability of minced pork. *Meat Science*, 143, 87–92.
- Madruga, M. S., Stephen Elmore, J., Dodson, A. T., & Mottram, D. S. (2009). Volatile flavour profile of goat meat extracted by three widely used techniques. *Food Chemistry*, 115(3), 1081–1087.

- Mottram, H. R., Crossman, Z. M., & Evershed, R. P. (2001). Regiospecific characterisation of the triacylglycerols in animal fats using high performance liquid chromatography–atmospheric pressure chemical ionization mass spectrometry. *The analyst*, 126, 1018–1024.
- Nam, K. C., Ko, K. Y., Min, B. R., Ismail, H., Lee, E. J., Cordray, J., & Ahn, D. U. (2007). Effects of oleoresin–tocopherol combinations on lipid oxidation, off-odor, and color of irradiated raw and cooked pork patties. *Meat Science*, 75(1), 61–70.
- Oliver, C. N., Ahn, B. W., Moerman, E. J., Goldstein, S., & Stadtman, E. R. (1987). Age-related changes in oxidized proteins. *Journal of Biological Chemistry*, 262(12), 5488–5491.
- Onuh, J. O., Girgih, A. T., Aluko, R. E., & Aliani, M. (2014). In vitro antioxidant properties of chicken skin enzymatic protein hydrolysates and membrane fractions. *Food Chemistry*, 150, 366–373.
- San Martin, D., Ramos, S., & Zufía, J. (2015). Valorization of food waste to produce new raw materials for animal feed. *Food Chemistry*, 198, 68–74.
- Santos, R. D., Gagliardi, A. C. M., Xavier, H. T., Magnoni, C. D., Cassani, R., & Lottenberg, A. M. (2013). Sociedade Brasileira de Cardiologia. I Diretriz sobre o consumo de Gorduras e Saúde Cardiovascular. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 100(1), 1–40.
- Sheu, K., & Chen, T. (2002). Yield and quality characteristics of edible broiler skin fat as obtained from five rendering methods. *Journal of Food Engineering*, 55(3), 263–269.
- Sohaib, M., Anjum, F. M., Arshad, M. S., Imran, M., Imran, A., & Hussain, S. (2017). Oxidative stability and lipid oxidation flavoring volatiles in antioxidants treated chicken meat patties during storage. *Lipids in Health and Disease*, 16(1), 16–27.
- Sousa, S. C., Fragoso, S. P., Penna, C. R. A., Arcanjo, N. M. O., Silva, F. A. P., Ferreira, V. C. S., Barreto, M. D. S., & Araújo, Í. B. S. (2017). Quality parameters of frankfurter-type sausages with partial replacement of fat by hydrolyzed collagen. *LWT - Food Science and Technology*, 76, 320–325.
- Sowbhagya, H. B., Srinivas, P., Purnima, K. T., & Krishnamurthy, N. (2011). Enzyme-assisted extraction of volatiles from cumin (*Cuminum cyminum* L.) seeds. *Food Chemistry*, 127(4), 1856–1861.
- Ulbricht, T. L. V., & Southgate, D. A. T. (1991). Coronary heart disease: seven dietary factors. *The Lancet*, 338, 985–992.
- Wang, Z., He, Z., Gan, X., & Li, H. (2018). Interrelationship among ferrous myoglobin, lipid and protein oxidations in rabbit meat during refrigerated and superchilled storage. *Meat Science*, 146, 131–139.

Yang, Y., Sun, Y., Pan, D., Wang, Y., & Cao, J. (2018). Effects of high pressure treatment on lipolysis-oxidation and volatiles of marinated pork meat in soy sauce. *Meat Science*, 145, 186–194.

FIGURES CAPTIONS

Figure 1. Evolution of lightness (A), redness (B) and yellowness (C) of chicken patties elaborated with chicken skin and abdominal fat stored under freezing (-18 °C) during 90 days.

Footnote: PPE: emulsified chicken patties with 15% skin; PGA: emulsified chicken patties with 15% abdominal fat. * denote significant differences ($p < 0,05$) between formulations. *ns* no significant differences ($p > 0,05$) between formulations.

Figure 2. From left to right, chicken skin and abdominal fat.

Figure 3. Evolution of hardness (A) and shear force (B) of emulsified chicken patties elaborated with chicken skin and abdominal fat stored under freezing (-18 °C) during 90 days.

Footnote: PPE: emulsified chicken patties with 15% skin; PGA: emulsified chicken patties with 15% abdominal fat.

* denote significant differences ($p < 0,05$) between formulations. *ns* no significant differences ($p > 0,05$) between formulations.

Figure 4. Evolution of peroxide index (A), TBARs (B), IpA (C) and carbonyl compounds (D) of emulsified chicken patties elaborated with chicken skin and abdominal fat stored under freezing (-18 °C) during 90 days.

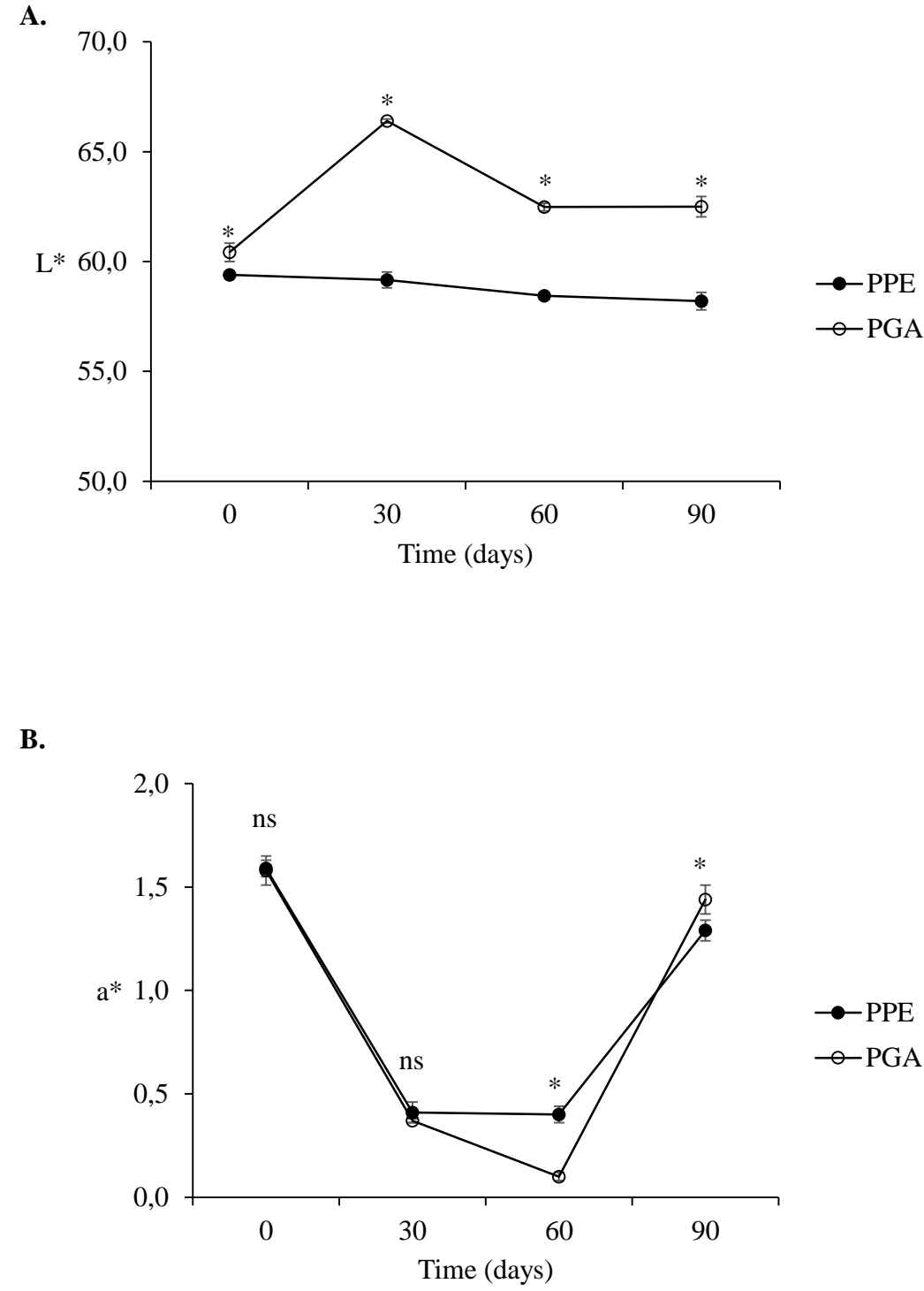
Footnote: PPE: emulsified chicken patties with 15% skin; PGA: emulsified chicken patties with 15% abdominal fat. * denote significant differences ($p < 0,05$) between formulations. *ns* no significant differences ($p > 0,05$) between formulations.

Figure 5. Color (A) and flavor (B) of emulsified chicken patties elaborated with chicken skin and abdominal fat stored under freezing (-18 °C) during 90 days.

Footnote: PPE: emulsified chicken patties with 15% skin; PGA: emulsified chicken patties with 15% abdominal fat.

ns on top of bars denote no significant differences ($p > 0,05$) between formulations and time of storage.

Figure 1.



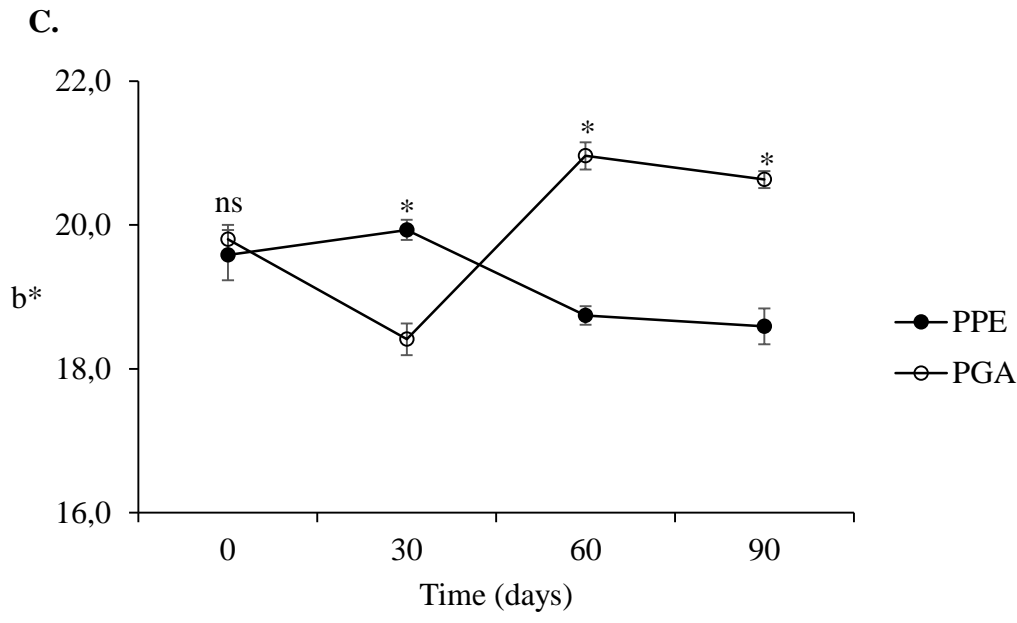
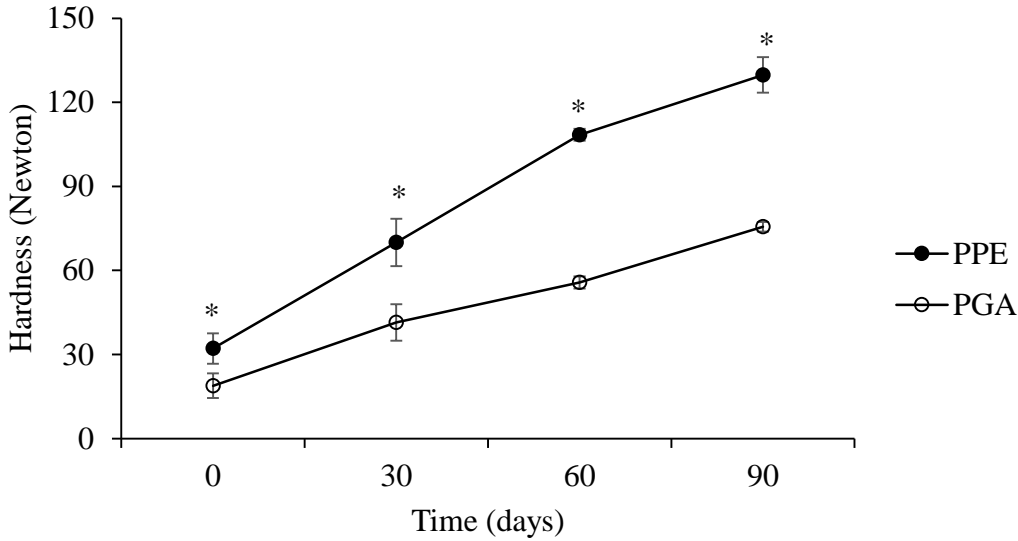


Figure 2.



Figure 3.

A.



B.

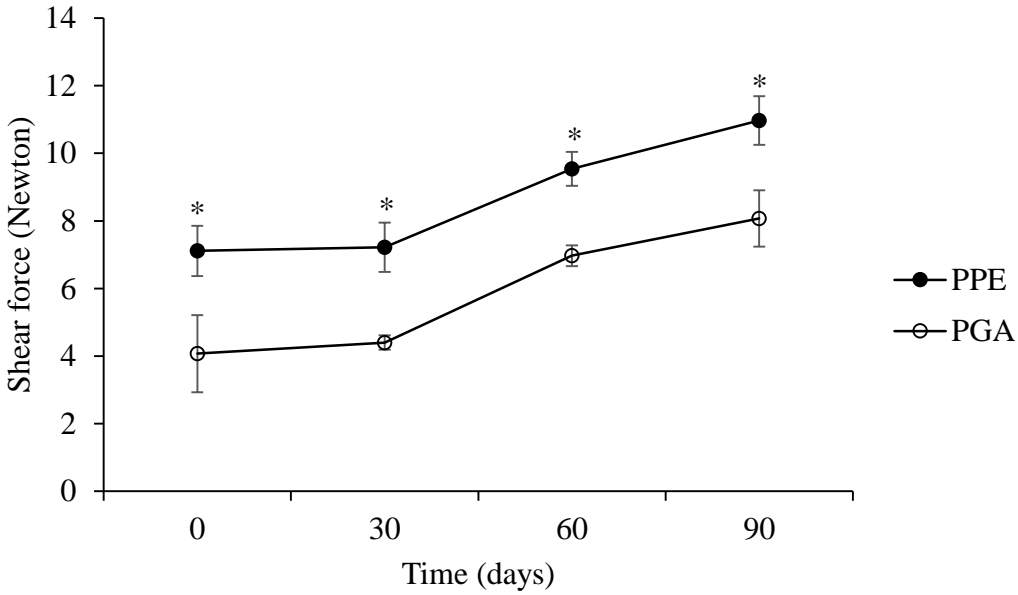
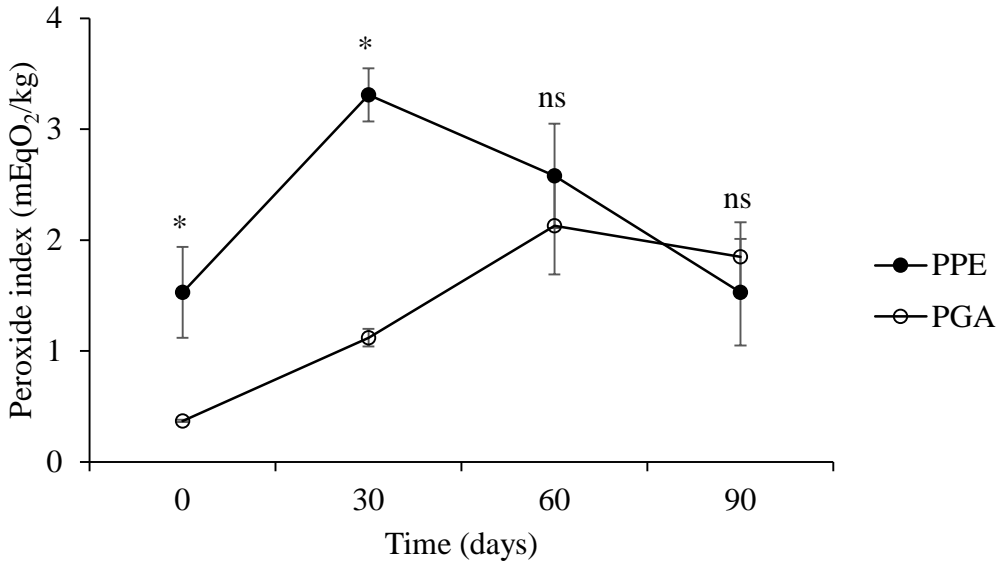
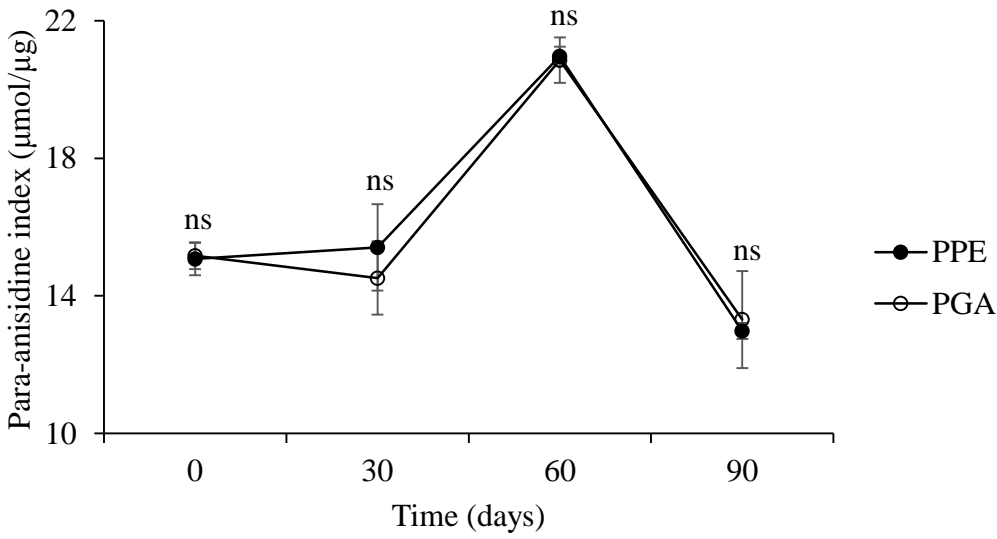


Figure 4.

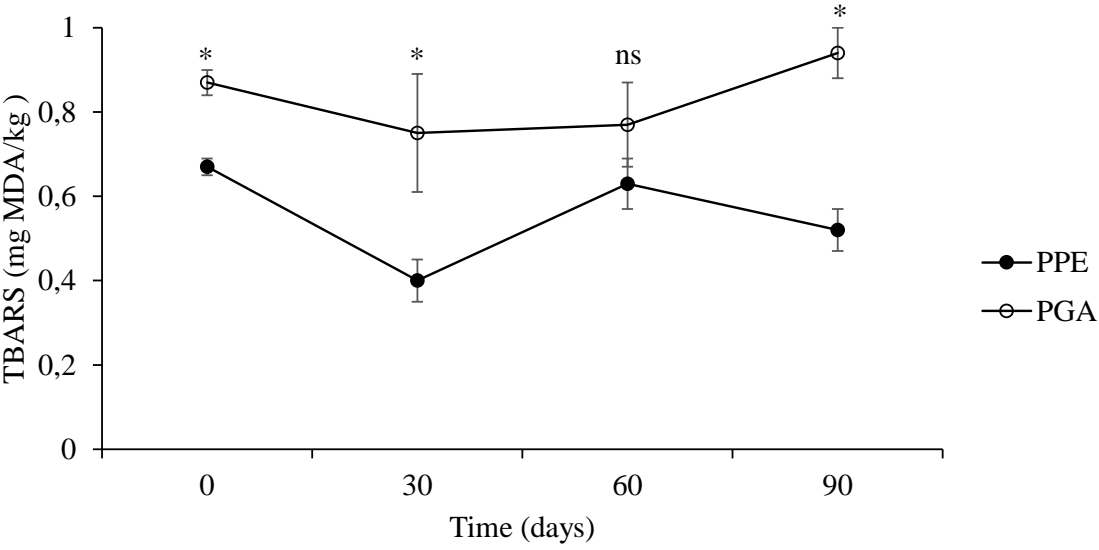
A.



B.



C.



D.

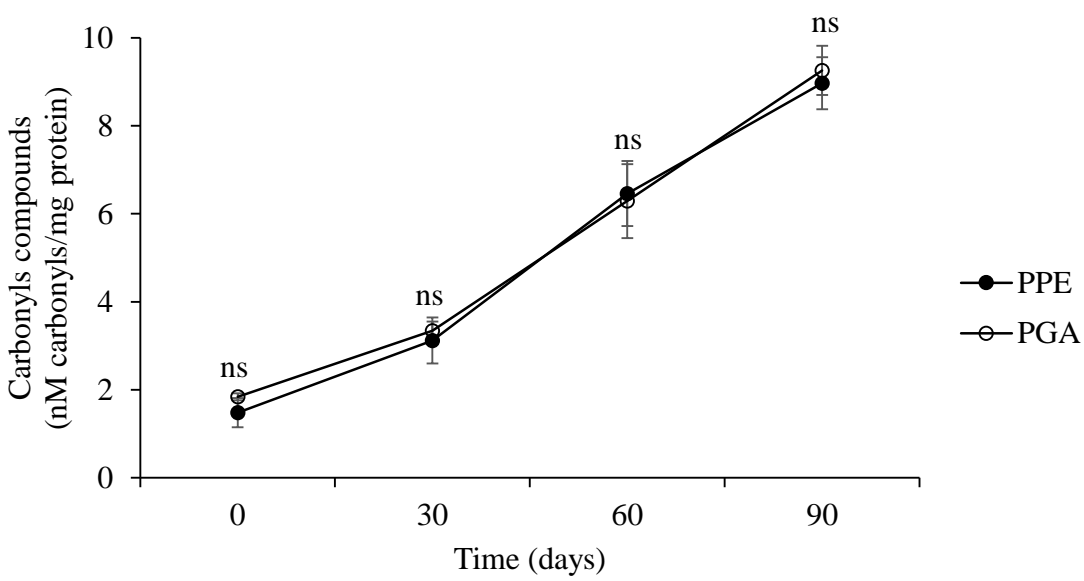


Figure 5.

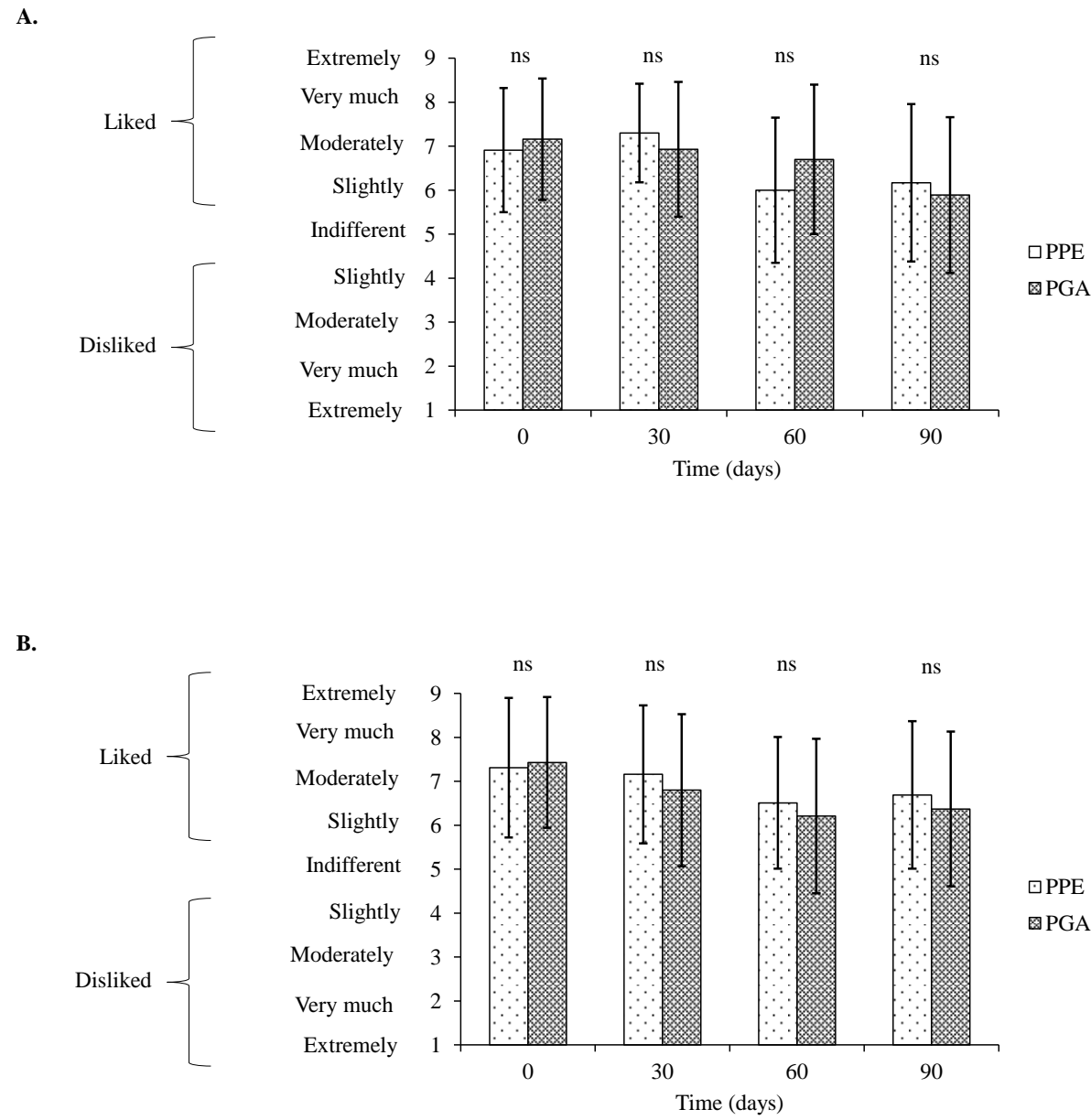


Table 1. Emulsified chicken patties formulations elaborated with chicken skin and abdominal fat.

RAW MATERIAL (%)	FORMULATIONS	
	PPE	PGA
Chicken breast	70,0	70,0
Chicken skin	15,0	-
Chicken abdominal fat	-	15,0
Cold water	15,0	15,0
INGREDIENTS (g/kg)		
Onion dried	40,0	40,0
Garlic dried	20,0	20,0
Sodium choride	20,0	20,0
Cumin	10,0	10,0
Chili dried	1,00	1,00
Glutamate monosodium	1,00	1,00

PPE: emulsified chicken patties with 15% skin; PGA: emulsified chicken patties with 15% abdominal fat.

Table 2. Characterization total lipids of the chicken skin and abdominal fat.

Parameter	PE	GAB	p-value
Lipids ^A	39,42±0,32	71,80±0,50	<0,001
Fatty acids ^B			
<i>Saturated</i>			
C12:0	-	0,02±0,00	
C14:0	1,46±0,03	1,06±0,05	<0,001
C15:0	0,05±0,01	0,06±0,01	0,295
C16:0	19,66±0,12	20,96±0,18	<0,001
C17:0	0,19±0,01	0,20±0,03	0,323
C18:0	5,61±0,04	5,88±0,04	<0,001
C20:0	0,18±0,01	0,17±0,08	0,855
C22:0	0,21±0,02	0,19±0,00	0,082
C24:0	0,08±0,02	0,03±0,01	0,002
Σ SFA	27,43±0,04	28,56±0,15	<0,001
<i>Monounsaturated</i>			
C14:1n5	0,06±0,01	0,09±0,01	0,019
C15:1n5	0,01±0,00	0,02±0,01	0,057
C16:1n7	4,18±0,07	4,47±0,08	0,002
C17:1n7	0,10±0,01	0,21±0,02	<0,001
C18:1n9	34,29±0,11	34,79±0,17	0,003
C20:1n9	0,32±0,02	0,29±0,08	0,586
C22:1n9	0,20±0,01	0,14±0,01	<0,001
C24:1n9	0,07±0,00	0,02±0,01	<0,001
Σ MUFA	39,24±0,08	40,03±0,07	<0,001
<i>Polyunsaturated</i>			
C18:2n6c	30,11±0,10	28,47±0,09	<0,001
C18:3n6	2,66±0,04	2,61±0,07	0,308
C20:2	0,02±0,00	0,02±0,01	0,849
C20:3n6	0,02±0,00	0,01±0,00	0,205
C20:3n3	0,03±0,00	0,01±0,00	0,003
C20:4n6	0,37±0,02	0,14±0,01	<0,001
C20:5	-	0,01±0,00	
C22:2	0,02±0,01	0,02±0,01	0,814
C22:6n3	0,12±0,02	0,10±0,02	0,135
Σ PUFA	33,34±0,05	31,40±0,13	<0,001
PUFA/SFA	1,22±0,00	1,10±0,01	<0,001
AI	0,32±0,00	0,32±0,00	0,817
TI	0,71±0,00	0,76±0,01	<0,001

^A Data expressed as g/100 g sample.

^B Data expressed as percentage of area (%).

p<0,05 indicate that there is a significant difference between formulations.

Table 3. Characterization (mean \pm standard deviation) of emulsified chicken patties elaborated with chicken skin and abdominal fat.

Parameter	Formulations		p-value
	PPE	PGA	
<i>Physico-chemical composition</i>			
Moisture ^A	70,28±1,17	64,64±0,26	<0,001
Ash ^A	2,54±0,30	2,12±0,70	0,311
Protein ^A	16,01±0,26	15,68±0,49	0,282
Lipids ^A	5,76±0,38	11,26±0,51	<0,001
Collagen ^A	0,48±0,01	0,17±0,00	<0,001
pH	6,06±0,01	6,05±0,01	0,114
<i>Instrumental color</i>			
L*	59,39±0,17	60,42±0,42	0,001
a*	1,59±0,04	1,58±0,07	0,806
b*	19,58±0,35	19,80±0,20	0,224
Hue	85,35±0,01	85,43±0,07	0,329
ΔE	1,07±0,22		
<i>Texture profile</i>			
Hardness ^B	32,16±5,41	18,86±4,39	<0,001
Springiness ^C	0,88±0,03	0,85±0,03	0,202
Cohesiveness ^C	0,81±0,01	0,81±0,04	0,609
Gumminess ^B	25,99±4,64	11,95±1,32	<0,001
Chewiness ^B	23,69±4,12	10,21±1,09	<0,001
Resilience ^C	0,38±0,01	0,35±0,02	0,020

PPE: emulsified chicken patties with 15% skin; PGA: emulsified chicken patties with 15% abdominal fat.

ΔE : total colorimetric difference.

^A Data expressed as g/100 g sample.

^B Data expressed as Newton (N).

^C Dimensionless parameters.

p<0,05 indicate that there is a significant difference between formulations.

Table 4. Fatty acids profile and nutritional quality index of emulsified chicken patties elaborated with chicken skin and abdominal fat stored under freezing (-18 °C) during 90 days.

Absorbed with chicken skin and abdominal fat stored under freezing (-10 °C) during 30 days.						
Fatty acid [†]	Time (days)	FORMULATIONS		F	T	FxT
		PPE	PGA			
<i>Saturated</i>						
C14:0	0	6,02±1,81 ^{aA}	2,27±0,26 ^{bA}	0,002	0,001	0,023
	90	2,13±1,01 ^{aB}	1,38±0,25 ^{aB}			
C16:0	0	20,15±1,82 ^{aA}	20,69±0,57 ^{aA}	0,945	0,415	0,359
	90	20,21±0,26 ^{aA}	19,74±0,22 ^{aA}			
C18:0	0	5,45±0,32 ^{aB}	5,93±0,20 ^{aA}	0,093	0,013	0,012
	90	7,94±1,47 ^{aA}	5,92±0,22 ^{aA}			
C24:0	0	0,34±0,08	-	<0,001	0,001	0,824
	90	-	-			
Σ SFA	0	31,96±0,41 ^{aA}	28,90±1,00 ^{bA}	<0,001	0,001	0,824
	90	30,28±0,80 ^{aB}	27,05±0,60 ^{bB}			
<i>Monounsaturated</i>						
C16:1n7	0	3,77±0,24 ^{aA}	3,14±0,35 ^{bA}	0,045	<0,001	0,051
	90	2,50±0,15 ^{bB}	2,49±0,33 ^{bB}			
C17:1n7c	0	-	-	0,007	0,001	0,209
	90	-	0,11±0,04			
C18:1n9c	0	35,12±0,46 ^{aA}	36,16±1,22 ^{aB}	0,007	0,001	0,209
	90	36,97±0,84 ^{bA}	39,41±1,45 ^{aA}			
C22:1n9	0	-	-	0,014	<0,001	0,014
	90	0,33±0,15 ^a	0,10±0,03 ^b			
Σ MUFA	0	38,89±0,61 ^{aB}	39,29±1,56 ^{aB}	0,040	0,008	0,129
	90	39,80±0,68 ^{aA}	42,10±1,38 ^{aA}			
<i>Polyunsaturated</i>						
C18:2n6c	0	25,71±0,94 ^{bB}	29,89±2,12 ^{aA}	0,012	0,035	0,029
	90	28,96±1,40 ^{aA}	29,33±0,82 ^{aA}			
C18:3n6	0	1,47±0,39 ^{aA}	1,74±0,54 ^{aA}	0,178	0,229	0,630
	90	0,96±0,66 ^{aA}	1,51±0,57 ^{aA}			
C20:2	0	0,54±0,33	-	0,015	<0,001	0,015
	90	-	-			
C20:4n6c	0	0,61±0,25 ^a	0,17±0,13 ^b	0,015	<0,001	0,015
	90	-	-			
C22:2	0	0,26±0,13	-	0,054	0,913	0,319
	90	-	-			
C22:6n3	0	0,56±0,15	-	0,001	0,185	0,628
	90	-	-			
Σ PUFA	0	29,15±0,90 ^{aA}	31,80±2,53 ^{aA}	0,001	0,185	0,628
	90	29,92±1,24 ^{aA}	30,85±0,87 ^{aA}			
PUFA/SFA	0	0,91±0,04 ^{bA}	1,10±0,13 ^{aA}	0,001	0,185	0,628
	90	0,99±0,07 ^{bA}	1,14±0,02 ^{aA}			
AI	0	0,66±0,08 ^{aA}	0,42±0,03 ^{bA}	<0,001	<0,001	0,009
	90	0,41±0,06 ^{aB}	0,35±0,02 ^{aB}			
TI	0	0,90±0,02 ^{aA}	0,81±0,04 ^{bA}	<0,001	0,008	0,006
	90	0,87±0,03 ^{aA}	0,74±0,02 ^{bB}			

[†]Data expressed as percentage (%).

PPE: emulsified chicken patties with 15% skin; PGA: emulsified chicken patties with 15% abdominal fat.

F: p-value for formulation; T: p-value for time; FxT: p-value for interaction between formulation and time.

Means with different lowercase letters for the same line were significantly different between formulations ($p < 0,05$). Means with different upper case letters for the same column were significantly different between times ($p < 0,05$).

Table 5. Volatile compounds (% area) detected in emulsified chicken patties elaborated with chicken skin and abdominal fat stored under freezing (-18 °C) during 90 days.

	Time (days)	FORMULATIONS	
		PPE	PGA
<i>Acids</i> [†]			
Butyric acid	0	0,81	0,86
	90	-	-
<i>Aldehydes</i> [†]			
3-methyl butanal	0	0,82	1,51
	90	-	-
Pentanal	0	-	1,03
	90	-	-
Hexanal	0	1,11	1,76
	90	-	-
Cuminal	0	9,73	10,57
	90	27,19	27,59
Total aldehydes	0	11,66	14,87
	90	27,19	27,59
<i>Sulphur compounds</i> [†]			
Methyl-mercaptan	0	1,10	0,81
	90	-	-
2-propenethiol	0	6,37	10,35
	90	-	0,33
Propyl-mercaptan	0	4,46	4,42
	90	-	-
Allyl sulfide	0	0,96	0,72
	90	-	-
3,4-dimethyl-tiopheno	0	0,65	0,56
	90	-	-
Methyl-propenyl-disulfide	0	1,44	0,77
	90	-	-
Total sulphur compounds	0	14,99	17,62
	90	0,00	0,33
<i>Terpenes</i> [†]			
α -thujene	0	2,38	2,16
	90	0,78	0,82
β -pinene	0	51,76	42,87
	90	18,88	19,75
β -myrcene	0	-	0,45
	90	0,74	0,70
3-carene	0	-	-
	90	1,88	2,01
o-ocymene	0	3,45	3,28
	90	17,47	15,68
Limonene	0	0,66	1,61
	90	3,92	4,41
γ -terpinene	0	10,62	10,55
	90	26,57	24,53
α -terpinen-7-al	0	1,73	0,56

	90	0,90	1,17
γ -terpinen-7-al	0	0,90	4,45
	90	0,59	1,96
	0	1,03	0,72
4-thujanol	90	1,08	1,06
	90		
	0	-	-
Iso-cariofileno	90	0,27	-
	0	72,53	66,65
Total Terpenes	90	72,81	72,08

[†]Data expressed as percentage (%).

PPE: emulsified chicken patties with 15% skin; PGA: emulsified chicken patties with 15% abdominal fat.

5 CONCLUSÕES GERAIS

Diante dos resultados obtidos e considerando as condições analisadas na pesquisa, é possível concluir que:

- a. Os peitos de frango acometidos com a miopatia *Wooden Breast* e os subprodutos pele e gordura abdominal apresentam potencial tecnológico para seu aproveitamento na elaboração de um produto emulsionado tipo hambúrguer de frango.
- b. O perfil de ácidos graxos da pele e gordura abdominal são semelhantes e tem impacto sobre a composição lipídica do produto emulsionado tipo hambúrguer de frango.
- c. As técnicas de moagem e emulsificação dos peitos de frango proporcionam um produto com características distintas da matéria prima utilizada para o processamento.
- d. Apesar dos baixos níveis de oxidação lipídica, o tipo de peito de frango e tempo de armazenamento apresentaram impacto na estabilidade oxidativa. No entanto, os produtos elaborados com pele e gordura abdominal apresentaram níveis de oxidação similares.
- e. A utilização de peito de frango N ou WB não influencia a aceitação sensorial e intenção de compra das amostras avaliadas pelos julgadores.
- f. Tanto os peitos N e WB quanto a PE e GAB não apresentam efeito na degradação da cor e aroma dos emulsionados tipo hambúrguer de frango quando avaliados por julgadores ao longo do período de armazenamento.
- g. Compostos voláteis considerados marcadores da oxidação lipídica não são detectados ao fim do armazenamento dos emulsionados.

Para estudos futuros, sugere-se que a utilização do peito WB seja realizada em mais produtos cárneos, objetivando levar mais opções de aproveitamento para a indústria processadora, contribuindo para avanços na cadeia avícola. Além disso, a influência do aproveitamento de pele e gordura abdominal pode ser avaliada também com uma formulação mista (50% PE e 50% GAB).

APÊNDICES

APÊNDICE A – Questionário de recrutamento dos julgadores.

QUESTIONÁRIO PARA RECRUTAMENTO DE JULGADORES

Nome: _____

Sexo: () M () F

Idade: _____

Teléfono: _____

E-mail: _____

Data: ____/____/____

Residência: () Favela () Periferia () Centro () Zona nobre () Outro: _____

() Morando () Visitando

1. Você tem algum alimento, condimento ou ingrediente pelo qual você apresenta intolerância, alergia ou queimação? Qual? Escreva o nome: _____

2. Você tem alguma condição que afeta sua saúde, especialmente a paladar e a digestão? Em caso positivo, qual? _____

3. Indique se possui:

() Diabetes

() Doença de auto imunidade

() Hipertensão

() Doença crônica das vias respiratórias

() Hipertensão

() Doença crônica das vias respiratórias

4. Você segue algum tipo de dieta? Qual? Por qual? Por quanto tempo? _____

5. Indique o quanto você gosta de hambúrguer:

() Gosto muito

() Gosto ligeiramente

() Gosto pouco, mas de quando em quando

() Gosto muito pouco

() Não gosto

6) Com que frequência você consome hambúrguer?

() Menos de uma vez por mês

() 1 a 2 vezes por mês

() 1 vez por semana

() 2 a 3 vezes por semana

() 4 vezes ou mais por semana

() Todos os dias

() Nunca

7) Prefere hambúrguer de qual carne? Pode marcar mais de uma alternativa.

() Carne bovina

() Carne de frango

() Carne suína

() Carne de vaca

() Outros: _____

8) Qual modo de consumo prefere? Pode marcar mais de uma alternativa.

() Assado

() Frito

() Grelhado

() Outros: _____

9) Qual a razão que influencia na escolha do hambúrguer? Pode marcar mais de uma alternativa.

() Valor nutricional

() Aparência

() Preço

() Qualidade

() Sabor

() Preço

() Custo benefício

APÊNDICE B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Título da pesquisa: “APROVEITAMENTO DE CARNE *WOODEN BREAST* E GORDURA ABDOMINAL DE FRANGO PARA ELABORAÇÃO DE HAMBÚRGUER EMULSIONADO”

Prezado(a) Senhor(a):

Gostaríamos de convidá-lo (a) a participar da pesquisa “Aproveitamento de carne *Wooden Breast* e gordura abdominal de frango para elaboração de hambúrguer emulsionado”, realizada na **Universidade Federal da Paraíba**. O objetivo da pesquisa é desenvolver hambúrgueres emulsionados de frango com peito *Wooden Breast*, peito normal e sua mistura, além da pele e gordura abdominal de frango, transformando-o em um alimento com segurança de consumo. A sua participação é muito importante e ela se dará através de uma análise sensorial e o preenchimento de um questionário em relação ao alimento avaliado. Gostaríamos de esclarecer que sua participação é totalmente voluntária, podendo você recusar-se a participar, ou mesmo desistir a qualquer momento sem que isto acarrete qualquer ônus ou prejuízo à sua pessoa. Informamos ainda que as informações serão utilizadas somente para os fins desta pesquisa e serão tratadas com o mais absoluto sigilo e confidencialidade, de modo a preservar a sua identidade.

Os benefícios esperados são: ofertar alternativas de aproveitamento de carnes *Wooden Breast* e gordura abdominal à indústria avícola, evitando descarte inadequado no meio ambiente dessas matérias primas e também oferecer ao consumidor um produto de qualidade. Informamos que o(a) senhor(a) não pagará nem será remunerado por sua participação.

Caso o(a) senhor(a) tenha dúvidas ou necessite de maiores esclarecimentos pode nos contactar:

Pesquisador responsável:

Miriane Moreira Fernandes Santos, Rua Dorgival Marques Pordeus, 178 – Casa – Cep:58050-550 – João Pessoa/PB. Telefone: (83) 99686-7960. E-mail: mirianemfs@gmail.com

Ou procurar o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal da Paraíba, localizado no Hospital Universitário Lauro Wanderley - 2º andar, Campus I - Cidade Universitária. CEP: 58.051-900 - João Pessoa-PB. Telefone: (83) 3216-7964, e-mail: comite.etica@hulw.ufpb.br. Este termo deverá ser preenchido em duas vias de igual teor, sendo uma delas, devidamente preenchida, assinada e entregue ao (a) senhor (a).

Diante do exposto, declaro que fui devidamente esclarecido (a) e dou o meu consentimento para participar da pesquisa e para publicação dos resultados.

Assinatura do Participante da Pesquisa

Assinatura da Testemunha

Atenciosamente,

Assinatura do Pesquisador Responsável

João Pessoa/PB, ____ de ____ de 2018.

*Termo de Consentimento Livre Esclarecido apresentado, atendendo, conforme normas da Resolução 466/2012 de 12 de dezembro de 2012.

APÊNDICE C – Ficha dos testes de aceitabilidade e intenção de compra.

TESTE DE ACEITABILIDADE E INTENÇÃO DE COMPRA

Nome: _____ Data: ____/____/____

ACEITABILIDADE

Instruções: Você está recebendo uma amostra de hambúrguer de frango. Por favor, avalie a amostra utilizando a escala abaixo para descrever o quanto você gostou ou desgostou de cada atributo do produto. Anote o código da amostra e a pontuação da escala que melhor reflita seu julgamento.

- 1- Desgostei muitíssimo
- 2- Desgostei muito
- 3- Desgostei moderadamente
- 4- Desgostei ligeiramente
- 5- Indiferente
- 6- Gostei ligeiramente
- 7- Gostei moderadamente
- 8- Gostei muito
- 9- Gostei muitíssimo

ATRIBUTO	CÓDIGO					
Cor						
Aparência						
Aroma						
Sabor						
Textura						
Impressão Global						

INTENÇÃO DE COMPRA

Instruções: Após ter avaliado o hambúrguer de frango, indique na escala abaixo o grau de certeza no qual você estaria disposto a comprar este produto, se o encontrasse à venda:

- 1- Certamente não compraria
- 2- Provavelmente não compraria
- 3- Talvez comprasse, talvez não comprasse
- 4- Provavelmente compraria
- 5- Certamente compraria

Justifique sua avaliação e intenção de compra dizendo:

O que mais gostou no hambúrguer de frango:

E o que menos gostou:

APÊNDICE D – Ficha do teste de avaliação da cor e aroma.

AVALIAÇÃO DE COR E AROMA

Nome: _____ Data: ____/____/____

Instruções: Você está recebendo uma amostra de hambúrguer de frango. Por favor, avalie a amostra utilizando a escala abaixo para descrever o quanto você gostou ou desgostou de cada atributo do produto. Anote o código da amostra e a pontuação da escala que melhor reflita seu julgamento.

- 1- Desgostei extremamente
- 2- Desgostei muito
- 3- Desgostei moderadamente
- 4- Desgostei ligeiramente
- 5- Indiferente
- 6- Gostei ligeiramente
- 7- Gostei moderadamente
- 8- Gostei muito
- 9- Gostei extremamente

ATRIBUTO	CÓDIGO					
Cor						
Aroma						

ANEXOS

ANEXO A – Parecer consubstanciado do Comitê de ética do Hospital Universitário Lauro Wanderley da Universidade Federal da Paraíba.

	UFPB - HOSPITAL UNIVERSITÁRIO LAURO WANDERLEY DA	
PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP		
DADOS DO PROJETO DE PESQUISA		
Título da Pesquisa: APROVEITAMENTO DE CARNE "WOODEN BREAST" E GORDURA ABDOMINAL DE FRANGO PARA ELABORAÇÃO DE HAMBÚRGUER EMULSIONADO		
Pesquisador: MIRIANE MOREIRA FERNANDES SANTOS		
Área Temática:		
Versão: 2		
CAAE: 88553618.2.0000.5183		
Instituição Proponente: Universidade Federal da Paraíba		
Patrocinador Principal: Financiamento Próprio		
Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:		
O projeto intitulado "APROVEITAMENTO DE CARNE "WOODEN BREAST" E GORDURA ABDOMINAL DE FRANGO PARA ELABORAÇÃO DE HAMBÚRGUER EMULSIONADO" reúne os requisitos éticos e metodológicos necessários para sua execução.		
Considerações Finais a critério do CEP:		
Ratificamos o parecer APROVADO do protocolo de pesquisa, emitido pelo Colegiado do CEP/HULW, em Reunião Ordinária, realizada em 12 de junho de 2018.		